



Hvordan påvirker nanoteknologi faglært arbejde?

En overbliksanalyse på tværs af brancher og erhvervsuddannelser

Clematide, Bruno; Fog-Møller, Rikke; Jørgensen, Michael Søgaard

Publication date:
2009

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Clematide, B., Fog-Møller, R., & Jørgensen, M. S. (2009). *Hvordan påvirker nanoteknologi faglært arbejde? En overbliksanalyse på tværs af brancher og erhvervsuddannelser*. Kubix & DTU Management.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Hvordan påvirker nanoteknologi faglært arbejde?

- en overbliksanalyse på tværs af brancher og
erhvervsuddannelser

Udarbejdet for Undervisningsministeriet

Februar 2009

Bruno Clematide
Rikke Fog-Møller
Michael Søgaard Jørgensen

Kubix
DTU Management
DTU Management

Kubix ApS
Nørre Voldgade 2
1358 København K

Tlf. 3332 3352
kubix@kubix.dk
www.kubix.dk

DTU Management / Institut for Planlægning, Innovation og Ledelse
Bygning 424
Danmarks Tekniske Universitet
2800 Kgs. Lyngby

Tlf. 4525 4800
info@man.dtu.dk
www.man.dtu.dk

Indhold

Indledning	4
Resumé: Konklusioner med henblik på fornyelse af erhvervsuddannelser	6
Indholdsmæssige fornyelser	6
Produktkæder – en metode til at undersøge tværgående uddannelsesbehov?	10
Nanoteknologi – et kort overblik	13
Design af projektets undersøgelser	17
Projektets aktiviteter	17
Identifikation af brancher, processer og produkter	19
Produktkæder som metodisk tilgang	20
Produkter med nanoteknologi – hvilke faggrupper arbejder med dem?.....	23
Overfladebehandling af biler	23
Overfladebehandling af vinduer, teknisk udstyr m.m.	26
Belægning af støbeforme, værktøjer m.m.	27
Maling	30
Katalysatorer.....	33
Andre produkter	35
Arbejde med nano - konklusioner på tværs af produkterne.....	38
Udvikling	38
Fremstilling	38
Salg	39
Anvendelse	40
Arbejds miljø og miljø.....	41
Referencer	47
Bilag 1	48
Interviewede virksomheder, forskningsinstitutioner og organisationer	48
Bilag 2	49
Workshop med repræsentanter for faglige udvalg og ressourcepersoner - deltagere samt program	49

Indledning

Formålet: at give et overblik

Forandrer nanoteknologi faglærtes arbejde?

Hvordan bør erhvervsuddannelserne fornys for at sikre, at de faglærte, der om nogle år kommer på arbejdsmarkedet, kan være med til at udnytte nanoteknologiens muligheder?

Og hvordan kan erhvervsuddannelserne bidrage til samtidigt at sikre, at manglende viden om arbejdsmiljømæssige og miljømæssige forhold i forbindelse med arbejde med nanobaserede produkter og processer ikke medfører sundhedsmæssige og miljømæssige problemer?

Med denne rapport ønsker vi at give svar på disse spørgsmål. Vi peger på, hvordan erhvervsuddannelserne kan håndtere den nanoteknologiske udvikling på en fremadrettet måde.

Formålet med projektets analyser er at give et *overblik* over, hvordan produktion og anvendelse af nanoteknologiske materialer og produkter påvirker faglærtes arbejde og hvordan forskellige erhvervsuddannelsesområder bør forholde sig til den nanoteknologiske udvikling. Det har til gengæld ikke været meningen at gå i detaljer med, hvilke uddannelseselementer der skal udvikles på de enkelte uddannelser.

For at skabe dette overblik har vi valgt at se på produktkæder knyttet til en række nanobaserede produkter og processer. Vi har undersøgt, hvordan arbejdet foregår ved udvikling, fremstilling, salg og anvendelse af sådanne produkter og processer. Denne tilgang har gjort det muligt at vise, at såvel malere, salgsassistenter, overfladebehandlere og kosmetikere, som værktøjsmagere og industrioperatører, og mange flere kommer i berøring med nanobaserede produkter og processer.

Rapportens opbygning

Rapporten indledes med et resumé, der indeholder en række forslag til, hvordan erhvervsuddannelserne bør håndtere den nanoteknologiske udvikling i sin fremtidige planlægning af uddannelser og efteruddannelser.

Efter et kort overblik over nanoteknologi som en række forskellige teknologiområder beskrives projektets aktiviteter og de anvendte metoder. Efterfølgende gennemgås en række cases med udgangspunkt i nanoteknologiske produkter og processer og med fokus på de faggrupper, der arbejder med disse produkter og processer. I den efterfølgende tværgående analyse ses på, hvordan nanoteknologisk udvikling kan forventes at påvirke områder som udvikling, fremstilling, salg og anvendelse samt hvordan arbejdsmiljø og miljø påvirkes.

Undersøgelsen er gennemført i regi af Undervisningsministeriets centrale analyse- og prognosevirksomhed, i et samarbejde mellem DTU Management og Kubix i perioden september 2008 - februar 2009. Vi vil gerne sige tak til de virksomheder, forskere m.fl., der har bidraget til projektet ved at deltage i interviews. Vi

vil også gerne sige tak til de repræsentanter fra en række faglige udvalg samt andre ressourcepersoner, der har bidraget til projektet gennem drøftelser af, hvordan erhvervsuddannelser fremover kan håndtere den nanoteknologiske udvikling.

God læselyst!

Resumé: Konklusioner med henblik på fornyelse af erhvervsuddannelser

På baggrund af analysen af hvordan forskellige nanoteknologiske produkter og processer påvirker det faglærte arbejde i udviklings-, fremstillings-, salgs- og anvendelsesfunktioner, vil vi i dette resumé præsentere en række konklusioner med henblik på fornyelse af erhvervsuddannelserne set i lyset af den hidtidige og mulige fremtidige nanoteknologiske udvikling. Disse konklusioner er blevet præsenteret, og ikke mindst bekræftet, skærpet og afbalanceret på en workshop med repræsentanter fra faglige udvalg og andre ressourcepersoner.

Vi begynder med en række indholdsmæssige overvejelser og vi afslutter med refleksioner om, hvordan en produktkædetilgang, som vi har anvendt i denne undersøgelse, kan anvendes i analyse og planlægning inden for og på tværs af eksisterende uddannelser.

Indholdsmæssige fornyelser

Ikke behov for ny erhvervsuddannelse

Der er ingen tegn på, at der er behov for en ny eud-uddannelse med nanoteknologi som omdrejningspunkt, f.eks. en nanotekniker e.l.

Til gengæld ville det være en god idé, at basisviden om, hvad nanoteknologi er, indgik i alle erhvervsuddannelser – på samme måde, som det er ved at være praksis i gymnasiale uddannelser flere steder.

Bidrage til ajourføring af fagligheden

Når faglærte arbejder med nanoteknologi – f.eks. industrioperatører, vognmalere, malere, bygningshåndværkere, overfladebehandlere, salgsassistenter, og kosmetikere m.fl. - medfører nanoteknologi ikke noget væsentligt brud med deres faglighed. Men erhvervsuddannelserne - og selvfølgelig i lige så høj grad efteruddannelserne - bør bidrage til en ajourføring af en række kernelementer i fagligheden:

- *Kende produkternes funktionalitet:* Vide hvad et nanoteknologibaseret produkt kan, f.eks. med henblik på at en maler, der sælger til professionelle og til private brugere, er i stand til at rådgive om, hvilke nye egenskaber den nanobaserede maling har i sammenligning med en traditionel maling.

Tilsvarende gælder for alle andre faggrupper, der arbejder med udvikling, salg/rådgivning og anvendelse af nanoteknologiske produkter. Ud fra vores overbliksanalyse bør derfor som minimum eud-uddannelserne til industrifagtekniker, værktøjsmager, overfladebehandler, procesoperatør, industrioperatør, plastmager, elektronikfagtekniker, vognmaler, maler, mekaniker, handelsassistent, salgsassistent, kosmetiker og en række bygningshåndværkere undervise om de nye produkter med de nye funktionaliteter, som er relevante på hvert område. Og det samme gælder som minimum for KVVU-uddannelserne til laborant, procesteknolog og farmakonom.

- *Kunne anvende de særlige procedurer og værktøjer*, der er knyttet til kvalitetskontrol ved nanoprodukter og nanobaserede processer. Dette gælder i øjeblikket ikke mindst laboranter, der deltager i udviklingsarbejde.
- *Forholde sig professionelt til arbejdsmiljø-, sundheds- og miljørisici og –fordele* ved nanobaserede produkter. Dette indebærer ikke mindst, at erhvervsuddannelserne bør bidrage til, at fremtidige faglærte lærer at søge aktivt og kritisk efter viden om sådanne risici og fordele, og at de lærer at kunne agere tilpas forsigtigt, når der ikke foreligger tilstrækkelig valid viden om disse risici og fordele.

De ovennævnte elementer til fornyelsen af kerneelementer i fagligheden må nødvendigvis konkretiseres specifikt i hver uddannelse. At kende produkternes funktionalitet, at kunne anvende de særlige procedurer og værktøjer, og at forholde sig professionelt til arbejdsmiljø-, sundheds- og miljørisici, er konkret indholdsmæssigt forskelligt for overfladebehandlere, malere, salgsassistenter og værktøjsmagere, osv.

Tværgående kompetence

Der er dog også en type kompetence, der er af tværgående karakter:

At turde og ville eksperimentere

- *At turde og ville eksperimentere*: I og med at udvikling og anvendelse af nanoteknologiske applikationer er i sin vorden, vil der blive eksperimenteret både hos udviklere og anvendere af nanoteknologiske produkter og processer. Derfor er det nødvendigt, at alle faggrupper, der kommer i berøring med både udvikling og anvendelse, skal kunne og ville afprøve nye processer og produkter og ikke mindst kunne og ville arbejde på tværs af faggrupper og hierarkier. Det sker selvfølgelig med afsæt i hver sit fags faglighed, men er givetvis en kompetence, elever kan øve sig i på andre end nanoorienterede temaer.

Opbyg grundlag for en sikkerhedskultur

I forhold til arbejdsmiljø anbefales det, at man som del af uddannelsen prøver at oparbejde en sikkerhedskultur, hvor eleverne bliver mere bevidste om at stille spørgsmål og ikke umiddelbart tager alt for gode varer. F.eks. hvordan tolker man et sikkerhedsdatablad (leverandørbrugsanvisning), og hvordan finder man ud af, at det, der står, ikke er fyldestgørende, når mange sikkerhedsdatablade, som følger med kemikalier og pulvermaterialer, næsten ingen reel sikkerhedsvurdering har i dag som følge af manglende viden.

Generel viden og kritisk stillingtagen

I forhold til miljø anbefales det, at uddannelserne fokuserer på viden om konkrete funktionaliteter og generel viden om nanopartiklers evne til at reagere hurtigere og kraftigere på grund af det store overflade/volumen forhold, samt deres mulige evne til at trænge igennem almindelige filtre og lignende. Ligesom på arbejdsmiljøområdet er der behov for, at eleverne lærer kritisk stillingtagen – f.eks. i forhold til bortskaffelse, indtil der foreligger egentlig regulering eller anbefalinger.

Skærpet fokus på eksisterende forholdsregler

Indtil der er mere viden om eventuelle farlige egenskaber, anbefales det, at uddannelserne har fokus på risikoen ved udsættelse for nanomaterialer og på hvordan man kan anvende allerede etablerede metoder til at reducere eksponeringen for kemiske stoffer og materialer. Derved tilskyndes til en forsigtighedstilgang over for nanomaterialer, f.eks. med grundige analyser af hvilke eksisterende filtre der også virker over for nanomaterialer.

Manglende viden en barriere

Manglende viden om nye funktionaliteter, f.eks. hos professionelle brugere af produktionsudstyr, værktøjer, støbeforme o.l., kan være en barriere for udbredelsen af nye nanoteknologiske anvendelser. Derfor bør uddannelserne til for eksempel værktøjsmager og industrifagtekniker indeholde undervisning om nanoteknologiske belægningsprocesser.

Faglærte i fremtidigt udviklingsarbejde?

Der er et virksomhedssegment i Danmark, der som kerneområde har udvikling af anvendelsesområder for nye produkter, der bygger på nanoteknologiske karakteristika. Ikke med det formål bagefter at fremstille disse nye produkter, men med udvikling som primært formål, eventuelt kombineret med senere salg og teknisk rådgivning.

Udviklingsarbejdet gennemføres i dag typisk af ingeniører, kemikere, laboranter og ikke af faglærte, ofte i et frugtbart samspil med ingeniører og teknikere fra brugervirksomheder.

Faglærte i brugerdreven innovation

Men der tales meget om, at man i Danmark bør styrke den brugerdrevne innovation. Som det fremgår mange steder i denne rapport, er det netop ofte faglærte, der er de professionelle brugere af nanobaserede produkter og processer. Derfor er der brug for, at kommende faglærte som deltagere i brugerdreven innovation kan og vil eksperimentere og tør være kritiske og forsigtige. En sådan involvering af de faglærte brugere i udviklingsarbejde tidligt i udviklingsarbejdet kunne sikre fokus på arbejdsmiljø- og miljøaspekter på en proaktiv og forebyggende måde – bl.a. ved at der tidligt etableres afprøvning under realistiske produktions- og/eller brugsvilkår.

Der bør holdes øje med nye produkttyper

Der vil i de kommende år med sikkerhed komme flere nye produkter, der bygger på nanoteknologiske egenskaber. Det ville derfor være en god idé at være opmærksom på, hvilke faggrupper der deltager i udvikling, i fremstilling, salg og produktrådgivning for professionelle og private brugere, samt anvendelse af disse nye produkter.

Mulige fremtidige ændringer i udvikling og anvendelse af nanoteknologi i Danmark

Projektets interviews med virksomheder og forskere har peget på nogle ændringer i udvikling og anvendelse af nanoteknologi i Danmark i de kommende år, der kan få betydning for, hvilke faggrupper der kommer til at arbejde med nanoteknologi og i hvilket omfang.

Der er nogle brancher, hvor der allerede anvendes stor mængder nanomaterialer. Det er eksempelvis i farve- og lakindustrien, og virksomheder, der laver formuleringer til industrien, som skal have funktionaliserede partikler i suspension.

Inden for vindmølleindustrien, produktion af forskellige former for

karosserier og tekstilområdet forventes en øget anvendelse. I fremtiden vil nanoteknologi antagelig gradvist blive anvendt i byggematerialer, således at byggematerialeindustrien og bygge- og anlægssektoren i højere grad vil komme til at håndtere nanoteknologiske materialer og produkter. Det kan være kompositmaterialer, nye coatings, nye malinger, men også andre overfladebehandlinger, eventuelt i form af efterbehandlinger.

Inden for overfladebehandling vil der måske også ske en større udbredelse af en række eksisterende produkter – f.eks. overflader med funktioner som selvrensende til facader og bakteriehæmmende/dræbende til vægge og gulve på hospitaler. Der kan også forventes udvikling af nye overfladematerialer og produkter til at forbedre vedligeholdelse af overflader.

Området mellem materialer og biologi siges også at have et udviklingspotentiale – f.eks. i form af nanostrukturerede overflader med nye anvendelser i byggematerialeindustrien – bl.a. interaktive overflader til vægge.

Inden for et relativt nyt nanoteknologisk område som nano-bio integrerede systemer kan der forventes en del forskning og udvikling – bl.a. inden for nanoteknologibaseret diagnostiseringsudstyr med nanoelektronik og biologiske sensorer. Desuden forventes forskning og udvikling inden for nye præparater til behandling og detektion af sygdomme – bl.a. for at opnå bedre præcision og hastighed i medicinsk behandling.

Anbefalinger om fremtidige undersøgelser

Ikke mindst fordi der er denne usikkerhed om retning og tempo i udviklingen af nanobaserede produkter og processer, vil vi anbefale, at de faglige udvalg holder øje med nye nanobaserede produkter og processer, og at der gennemføres undersøgelser med udgangspunkt i en produktkædetilgang, således at der ses på de forskellige mulige kunde-leverandør-relationer med henblik på, at de enkelte faglige udvalg – evt. i samarbejde – kan identificere de arbejdsfunktioner og faggrupper, der tænkes at blive berørt af nye produkter og processer.

Analyse på det merkantile område

Med udgangspunkt i denne foreliggende undersøgelse vil vi anbefale, at der blandt andet gennemføres mere dybdegående analyser og udviklingsarbejde i forhold til de uddannelser, der retter sig mod salgsleddet og anvendelsesleddet: det merkantile område, malere, kosmetikere og forskellige bygningshåndværkere. Vi vil anbefale, at de led, der ligger fremad og bagud i produktkæden, medtages i sådanne analyser. Ligeledes mener vi, at der er behov for at se nærmere på, hvordan produktion og anvendelse af nanoteknologiske produkter i virksomheder, institutioner, husholdninger m.m. påvirker den fremtidige spildevands- og affaldshåndtering.

Nanoeftersyn af laborantuddannelsen

Desuden er der kommet mange hints om, at KVV-uddannelsen til laborant bør vurderes nærmere set i lyset af den rolle, laboranter synes at have og kunne få i udvikling og kontrol af nanoteknologiske produkter og processer. Laboranter er formentlig den faggruppe, hvis arbejde forandres stærkest, når de eksempelvis udvikler nye anvendelser af nanoprodukter sammen med ingeniører, kemikere m.fl.

Viden om anvendelser bør indgå i mange erhvervsuddannelser

Der er mange forskellige typer faglærte, der som professionelle brugere kommer i berøring med nanobaserede produkter og processer – og flere vil komme til. Ud fra denne overbliksanalyse bør i hvert fald uddannelserne til industrifagtekniker, værktøjsmager, overfladebehandler, procesoperatør, industrioperatør, plastmager, elektronikfagtekniker, vognmaler, maler, mekaniker, handelsassistent, salgsassistent, kosmetiker og en række bygningshåndværkere forberede de kommende faglærte på nanobaserede produkters nye funktionaliteter og på en kritisk op søgen af viden om sundhedsmæssige risici ved anvendelsen af disse produkter.

Efteruddannelse er lige så vigtig

På workshoppen med repræsentanter fra faglige udvalg og resourcepersoner var der enighed om, at forslag til fornyelser af erhvervsuddannelser i lige så høj grad er relevante for efteruddannelsen for de forskellige faggrupper.

En kritisk og lærende tilgang i sikkerhedsuddannelser

I og med der – som nævnt – er så megen usikkerhed om arbejdsmiljø og sundhedsrisici ved arbejdet med nanobaserede produkter og processer, ville det også være relevant at indarbejde arbejdet med 'nano' i sikkerhedsuddannelserne, både for ledere og medarbejderrepræsentanter. Som en af de interviewede fabrikschefer reflekterede, er det ganske tankevækkende, at ingeniører – som ledere med sikkerhedsansvar ofte er – lærer væsentligt mindre om sikkerhedsmæssige aspekter ved kemisk produktion end eksempelvis laboranter. Ud fra vores undersøgelse burde sikkerhedsuddannelser ikke mindst bidrage til en kritisk og lærende tilgang til arbejdsmiljøforhold ved arbejdet med nanoteknologier: Uddannelserne bør bidrage til, at sikkerhedsrepræsentanter og ledere op søger og holder sig ajour med relevante undersøgelser på området og med nye nanobaserede produkter og processer og efterspørger viden og dokumentation vedrørende arbejdsmiljø- og miljømæssige fordele og risici.

Produktkæder – en metode til at undersøge tværgående uddannelsesbehov?

Vi har i denne overbliksanalyse som nævnt valgt at tage udgangspunkt i en produktkædebetragtning. Det vil sige, at vi har – efter et 'nanorelevant' produkt er blevet identificeret – set på alle led i produktkæden omkring produktet:

- Udvikling
- Fremstilling
- Salg
- Anvendelse

Inden for de enkelte led er forhold omkring arbejdsfunktioner, kompetencer og faggrupper samt arbejdsmiljø og miljø søgt belyst. Som et centralt aspekt er der set på relationerne mellem de forskellige led i en produktkæde og disse relationers betydning for design og implementering af ovennævnte aktiviteter og aspekter.

I princippet burde kæden også omfatte et særligt led, nemlig 'håndtering af spildevand og affald' for at sikre fokus på arbejdsfunktioner inden for disse områder i selvstændige funktioner og

virksomheder, der håndterer spildevand og affald fra virksomheder i en produktkæde – dvs. arbejdsfunktioner i spildevandsrensningsanlæg, forskellige former for affaldshåndteringsanlæg m.m..

Vi har – med forskellig dybde – undersøgt de forskellige led, enten direkte i de virksomheder, der varetager de enkelte funktioner, eller indirekte ved at interviewe udviklere og fremstillere af produkterne med indsigt i hele produktkæden. En refleksion over denne tilgangs styrke og svagheder fører frem til følgende:

Blik på tværs

- Ved at undersøge alle elementer i en produktkæde sikres et blik på tværs af brancher, faggrupper og uddannelser – et nøgleelement i Undervisningsministeriets lancering af den centrale analyse- og prognosevirksomhed.

Overblik over hele produktkæden

- Sådan en analyse - på samme overbliksniveau som den foreliggende - kan gennemføres ganske hurtigt, når et nyt nanobaseret produkt eller en ny nanobaseret proces kommer på markedet, og kan give svar på, hvilke typer faglærte der f.eks. sælger og anvender de nye produkter og processer. Det var i hvert fald for os en øjenåbner, at det ikke alene er procesoperatører, industrioperatører, værktøjsmagere o.l., der bliver påvirket af den nanoteknologiske udvikling, men at undersøgelsen af salgs- og anvendelsesleddet også gør kosmetikere, bygningshåndværkere, vognmalere, salgssassistenter og mange andre professionelle brugere til 'en del af' den nanoteknologiske dagsorden.

Blik på tværs af uddannelsesniveauer

- Selv om fokus i det foreliggende projekt har været, hvordan det faglærte arbejde påvirkes af nanoteknologi, giver produktkædebetraktningen nærmest per automatik samtidig en indsigt i, hvilke andre faggrupper der arbejder med udvikling, fremstilling, salg og anvendelse af nanobaserede produkter og processer, og hvordan de faglærte spiller sammen med disse andre faggrupper.

Blik for andre læringsformer

- Ikke mindst drøftelserne af undersøgelsens resultater med repræsentanter fra faglige udvalg og ressourcepersoner bekræftede, at den valgte produktkædetilgang også åbner for drøftelser af andre relevante læringsarenaer end erhvervsuddannelser. Mange af de indsigter, der kommer ud af overbliksanalysen, peger på, at det i høj grad også er et efteruddannelsesanslgende at sikre: 1) at den danske arbejdsstyrke er parat til at arbejde professionelt med nanoteknologiske produkter og processer; 2) at virksomheder og leverandører har en afgørende opkvalificeringsrolle i relation til sikker og kvalificeret omgang med nano; og 3) at sikkerheds- og miljøuddannelser bør tage fat på de udfordringer, der kommer med de formentlig hurtigt voksende anvendelsesområder for nanoteknologiske produkter og processer.

Blik for tværgående kompetencer

- Produktkædetilgangen har også muliggjort at pege på tværgående kompetencer, som alle, der arbejder i et af leddene, bør kunne udfolde.
- Produktkædetilgangen sikrer ikke automatisk detaljeret indsigt i specifikke arbejdsprocesser i alle af kædens elementer.

Derfor er det nødvendigt – som det er gjort i dette projekt - at integrere produktkædetilgangen med arbejdsprocesanalyser. Produktkædetilgangen kombineret med en co-shaping tilgang til kunde-leverandør-relationer sikrer imidlertid fokus på, hvordan arbejdsprocesser formes i kunders og leverandørers dialog om forståelsen af problemer og deres løsning.

- En overbliksanalyse som den foreliggende gør det muligt at pege på de områder, hvor der er brug for dyberegående undersøgelser og overvejelser, når en ny nanobaseret produkttype er under udvikling eller kommer på markedet – eller når nye produkttyper i det hele taget er under udvikling eller kommer på markedet. Et eksempel på et igangværende udviklingsarbejde er arbejdet i udviklingsudvalget for overfladebehandling, som der blev redegjort for ved workshopen med faglige udvalg og ressourcepersoner.
- Hvis produktkædetilgang, co-shaping og arbejdsprocesanalyser kombineres i forbindelse med udviklingsarbejde og analyser, som de enkelte faglige udvalg eller udviklingsudvalg igangsætter, vil disse teoretisk-metodiske perspektiver også kunne bidrage til at udvikle specifikke uddannelseselementer.

Nanoteknologi – et kort overblik

Dette kapitel giver i et indblik i, hvad nanoteknologi er i form af en formel definition af nanoteknologi og i form af de forståelser af nanoteknologi, som de virksomheder og forskere, der er interviewet i projektet, giver udtryk for. Desuden giver kapitlet et indblik i nogle af de brancher og produktområder, hvor nanoteknologi anvendes eller kan forventes anvendt af danske virksomheder.

Definition af nanoteknologi og nanoviden- skab

Nanoteknologi er et bredt begreb, og der findes samtidig forskellige forståelser af, hvornår en proces eller et produkt betegnes som nanoteknologi. Betegnelsen 'nano' refererer alene til størrelsesordenen 10^{-12} , således at 1 nanometer er 10^{-12} meter. I Danmark definerer Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling på baggrund af et teknologisk fremsyn nanoteknologi som evnen til at arbejde på det atomare, molekylære og supramolekylære niveau på en skala fra 0,1 til 100 nm med den hensigt at designe, fremstille, manipulere og anvende materialer, komponenter og systemer med nye funktionelle fysiske, kemiske og biologiske egenskaber.

Nanovidenkab handler om at opnå en forståelse af fundamentale fænomener, egenskaber og funktioner på nanoskalaen, som er ikke-skalerbare uden for nanometerdomænet (Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling 2004).

Nanoteknologisk udvikling i Danmark

Nanoteknologi fremhæves ofte som et teknologiområde, der forventes at få betydning for fremtidig proces- og produktudvikling inden for en række brancher og produktområder. Anvendelsen af nanoteknologi er begyndt i flere brancher, men er endnu på et beskedent niveau, hvad angår kvantitativ udbredelse.

I rapporten fra det nanoteknologiske fremsyn (Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling 2004) peges på en række områder, hvor resultater fra dansk forskning og udvikling enten allerede er blevet, eller inden for en 20-årig periode vil kunne anvendes i produktion og praktisk anvendelse. Det drejer sig bl.a. om

- Nanomedicin
- biokompatible materialer
- nanosensorer og nanofluidik
- plastelektronik
- nanooptik og nanofotonik
- nanokatalyse
- nanomaterialer med nye funktionelle egenskaber

Denne brede vifte af mulige anvendelsesområder peger på, at det nok er mere korrekt at tale om en række nanoteknologiske områder og ikke se nanoteknologi som ét teknologiområde.

Virksomheders opfat- telser af nanotekno- logi

Projektets analyser af udvikling, produktion og anvendelse af nanoteknologiske processer og produkter i danske virksomheder har vist, at virksomheder har forskellige opfattelser af, hvornår de opfatter eller ønsker at omtale deres processer og produkter som nanoteknologiske. Vi har mødt tre forskellige forståelser af nanoteknologi, der hver især lægger vægt på andre aspekter end de rene fysiske dimensioner som i de gængse definitioner af nano-

teknologi:

- *Nanoteknologi som en naturlig udvikling* – i forlængelse af hidtidig udvikling, blot i mindre dimensioner.
- *Nanohype*, hvor nanodimensionen bruges som et væsentligt markedsudviklingsaspekt, men hvor nanodimensionens betydning for processers og produkters kvalitet ikke står mål med fokuset på nanodimensionen.
- *Nanoteknologi i det skjulte*, hvor kontroverser om nanoteknologiske produkters betydning og risikoen for særlig miljø- og arbejdsmiljøfarer gør det mindre attraktivt at markedsføre virksomheden og dens processer og produkter som nanoteknologiske.

Eksempler på virksomheders forståelser af nanoteknologi

Flere af de virksomheder, der er interviewet, ser ikke nanoteknologi som væsentligt forskelligt fra de processer, de tidligere har anvendt – bortset fra at processerne i dag foregår i en mindre størrelsesorden. Det gælder f.eks. ved fremstilling af maling. Problemet med denne holdning er, at virksomheden dermed måske overser nogle ændringer i de sundheds- og miljømæssige aspekter af deres processer og produkter, når f.eks. partiklers dimensioner bliver mindre. Tilsvarende problematisk er en holdning, der peger på, at man har kendt til nanoteknologi i form af forskellige former for nanopartikler i mange år. Det er korrekt, at en række nanopartikler – f.eks. i svejserøg, udstødningsgasser og lerpartikler ved forarbejdning af ler - har været kendt i mange år, men netop sådanne partiklers sundhedsmæssige risici gør, at der er grund til at være opmærksom på de sundheds- og miljømæssige påvirkninger fra andre processer og produkter, hvor der anvendes eller dannes partikler med dimensioner inden for nanoområdet.

Andre virksomheder, som tidligere har omtalt deres processer og/eller produkter som nanoteknologiske, foretrækker i dag ikke at bruge betegnelsen nanoteknologisk om virksomheden. Baggrunden synes at være den negative fokus, der har været på nanoteknologi, fordi nogle virksomheder har markedsført sig så voldsomt på de nanoteknologiske aspekter af deres produkt, at det har tenderet til hype, hvor resultaterne ikke har kunnet stå mål med omtalen af et produkts fortræffeligheder. En anden årsag til virksomheders ønske om at arbejde 'i det skjulte' med nanoteknologiske processer og produkter er den fokus, der er på mulige negative sundheds- og miljømæssige effekter af nanoteknologi.

Nanoteknologi som bedre styring af kendte processer, nye produkttegenskaber og nye produkter

Den nanoteknologiske udvikling kan også beskrives i forhold til, om der er tale om:

- Kendte processer, der nu kan styres mere systematisk inden for nano-dimensionen, som f.eks. ved design og produktion af katalysatorer.
- Anvendelse af nanoteknologiske processer og materialer i eksisterende produkter med henblik på at give dem nye og/eller forbedrede egenskaber, f.eks. stærkere coatings, selvrens-

de vinduer, hydrofobe bilruder, stærkere tennisketchere, mere effektive solcremer, måle- og detektionsudstyr, der kan måle lavere koncentrationer m.m.

- Anvendelse af nanoteknologiske processer og materialer til nye produktområder, f.eks. selektiv medicin, vaccineplaster og nanofotonik (hvor lys og optiske strukturer anvendes).

Nanoteknologi i danske virksomheder

Der er forskellige måder, hvorpå nanoteknologi kommer i praktisk anvendelse i Danmark:

- Færdige produkter med nanoteknologisk indhold, som importeres til Danmark og anvendes i professionel produktion og service eller af forbrugere.
- Leverandører af råmaterialer til industriel fremstilling tilbyder nye råvarer med nanoteknologisk indhold, ofte bundet til en ny funktion. Mange virksomheder aftager råvarer fra udlandet, f.eks. til malingsfremstilling, og det nanoteknologiske indhold bliver importeret.
- Forskning og udvikling i Danmark fører til nye processer, udstyr eller materialer med nanoteknologisk indhold, der bliver taget i kommerciel anvendelse.

Det er navnlig import af færdige produkter med nanoteknologisk indhold og import af udenlandsk fremstillede nanomaterialer, som indbygges i nye produkter i Danmark, der fylder noget i danske fremstillingsvirksomheder. De steder hvor der allerede er høj tonnage i anvendelse af nanobaserede materialer er farve- og lakindustrien og virksomheder, der laver formuleringer til industrien, som skal have funktionaliserede partikler i suspension. Inden for vindmølleindustrien, produktion af forskellige former for karosserier og tekstilområdet anvendes også nanoteknologi i et vist omfang.

Derudover er der danske virksomheder der har specialiseret sig i selve udviklingen af nye anvendelsesområder for nanoteknologi.

Nogle eksempler på fremtidig nanoteknologisk forskning og innovation i Danmark

For at få et indblik i mulige fremtidige anvendelser af nanoteknologiske processer og produkter i danske virksomheder og dermed i mulige berørte brancher og arbejdsfunktioner er to forskere, der arbejder med forskning og innovation i virksomheder som en meget integreret aktivitet, interviewet. Der er ikke tale om en systematisk kortlægning af nanoteknologisk forskning og innovation, men om eksempler fra to forskeres arbejde inden for henholdsvis overfladeteknologi og nano-bio integrerede systemer. Forskerne udpeger en række områder, der på kort og mellem-langt sigt vil blive udviklet i Danmark. Om de konkrete innovationer vil blive til arbejdspladser i Danmark, er ikke muligt at sige.

Overflader med funktioner som selvrensende til facader og bakteriehæmmende/dræbende til vægge og gulve på hospitaler er allerede under udvikling, og vil slå igennem for alvor. Også nye og mere bestandige belægninger til f.eks. køkkenudstyr vil blive mere udbredt. Andre funktioner vil være endnu bedre smudsafvisende tekstiler, ridsefri og meget stærke overflader på materialer,

men også i form af malingprodukter. Nye overfladematerialer og produkter til at forbedre vedligeholdelse af overflader vil ligeledes være et udviklingsområde. Området mellem materialer og biologisiges også at have et stort udviklingspotentiale - f.eks. i form af nanostrukturerede overflader med nye anvendelser i byggeindustrien – bl.a. interaktive overflader til vægge. Input fra andre interviews omtaler stigende brug af nanopartikler i materialer til mange formål.

Inden for nano-bio integrerede systemer vil nanoteknologibaseret diagnostiseringsudstyr såvel med nanoelektronik som biologiske sensorer og helt nye præparater til behandling og detektion af sygdomme være felter, der vil blive arbejdet en del med for at opnå bedre præcision og hastighed i medicinsk behandling. Måleudstyr til en række formål, baseret på forskellige nanoteknologier, er der allerede en del forskning indenfor.

Design af projektets undersøgelser

Projektet har fokus på at belyse, hvordan nanoteknologi i dag påvirker eller i fremtiden kan forventes at påvirke faglært arbejde. Det kan være i form af ændringer i nuværende former for faglært arbejde eller udvikling af nye former for arbejde, der kan tænkes at skulle udføres af faglærte medarbejdere. Dette kapitel giver et overblik over projektets aktiviteter og beskriver projektets metoder til identifikation af brancher, processer og produkter ved hjælp af gennemgang af rapporter, databaser og interviews. Endvidere beskrives projektets anvendelse af en produktkædetilgang kombineret med co-shaping og aktør-netværkstilgang til teknologisk forandring til kortlægning af arbejdsfunktioner og ændringer heri i forbindelse med nanoteknologi.

Projektets aktiviteter

Projektet har omfattet følgende otte aktiviteter:

1. Litteraturgennemgang med fokus på nanoteknologiske processer og produkter inden for forskellige brancher og forbrugsområder.
2. Interviews med udviklings- og produktionschefer og medarbejdere samt sikkerhedsledere og sikkerhedsrepræsentanter i danske produktionsvirksomheder, der udvikler og anvender nanoteknologiske processer og produkter.
3. Interviews med ledere og medarbejdere samt sikkerhedsledere og sikkerhedsrepræsentanter i danske produktions- og servicevirksomheder, der anvender nanoteknologiske produkter i deres aktiviteter.
4. Interviews med danske forskere, der arbejder med forskning og innovation inden for nanoteknologi.
5. Interviews med danske myndigheder og sektorforskning om strategier for integration af arbejdsmiljømæssige og miljømæssige hensyn i udvikling og anvendelse af nanoteknologiske processer og produkter.
6. Sammenfattende analyse af hvordan udvikling, produktion og anvendelse af nanoteknologiske produkter i Danmark påvirker og i fremtiden kan forventes at påvirke faglært arbejde og hermed hvilke behov for fornyelse af erhvervsuddannelserne der kan opstå.
7. Workshop med repræsentanter fra en række faglige udvalg og faglige ressourcepersoner, med det formål at drøfte projektets resultater, behov for uddannelsesmæssige tiltag, samt behov for uddybende analyser.
8. Udarbejdelse af overblikrapport.

Udvælgelsen af virksomheder blev koordineret med Teknologisk Instituts parallelle undersøgelse om nanoteknologi i erhvervsuddannelser. Af bilag 1 fremgår, hvilke virksomheder, forskningsinstitutioner, brancheforeninger og myndigheder vi har interviewet,

Workshoppen med repræsentanter fra en række faglige udvalg og faglige ressourcepersoner blev ligeledes organiseret i samarbejde mellem de to projekter. De faglige udvalg blev inddraget i

projektet ved, at vi via sekretariatene inviterede faglige udvalg for de uddannelser, som vi på daværende tidspunkt kunne se, var umiddelbart relevante ud fra vores undersøgelse. På workshopen præsenterede vi først et antal cases med udgangspunkt i produkter som overfladebehandling af bilruder, belægning af værktøj og støbeforme, maling m.m.. Herefter fulgte en intensiv drøftelse af de uddannelsesmæssige konsekvenser af de præsenterede resultater.

Vi drøftede desuden, om og hvordan projektets metode kunne være en generel inspiration til tværgående fornyelse af erhvervsuddannelserne.

Bilag 2 indeholder program og deltagerliste for workshopen.

Identifikation af brancher, processer og produkter

Projektet har ønsket at identificere processer og produkter inden for forskellige brancher og forbrugsområder, for herigennem at kunne give et indblik i hvilke forskellige typer medarbejdere, der arbejder med nanoteknologi og hvilke funktioner de udfører.

Videnskabsministeriet har - som før nævnt i et teknologisk fremsyn om nanoteknologi - peget på en række områder, hvor dansk forskning og udvikling enten allerede er blevet, eller inden for en 20-årig periode vil kunne tages i praktisk anvendelse. Selv om fremsynet er fire år gammelt, giver det en pejling på, på hvilke områder der i fremtiden muligvis vil være danske arbejdspladser med nanoteknologisk indhold. De fleste er ikke udviklede til det stadie endnu, og i forhold til uddannelsesmæssige behov på faglært niveau i den umiddelbare fremtid, byder fremsynet ikke på anbefalinger.

Gennemgang af rapport og database

For at kunne finde produkter, der er tilgængelige på det danske marked og dermed også tilgængelige for danske virksomheder, har vi taget udgangspunkt i en dansk rapport med oversigt over produkter baseret på nanoteknologiske principper og materialer. Rapporten, *Survey of nanotechnological consumer products* (2007), peger på en række nanoprodukter tilgængelige på det danske marked, som produceres og/eller markedsføres i Danmark. Et problem, der opstod ved identificeringen af produkter er dog, at kun en mindre del af producenterne angiver, hvori det nanoteknologiske i produktet består. Den nævnte rapport tager delvist udgangspunkt i en amerikansk database fra 'The Project on Emerging Nanotechnologies' – den såkaldte Woodrow-Wilson database - som vi har gennemgået for at finde eventuelle nyttilkomne produkter af dansk oprindelse siden 2007.

For at identificere konkrete virksomheder, der arbejder med nanoteknologiske processer og/eller materialer, har vi også kontaktet institutter på DTU, der i kraft af deres forskning har kendskab til virksomheder på dette område. Ligeledes er brancheforeninger blevet kontaktet for at finde medlemsvirksomheder, der producerer eller anvender nanoteknologiske produkter.

Ud over at fokusere på forskellige nanoteknologier har vi i designet af projektet også søgt at finde virksomheder med forskellige roller i forhold til nanoteknologi:

- Virksomheder, der udvikler og producerer nanoteknologiske materialer.
- Fremstillingsvirksomheder, der laver produkter med nanomaterialer.
- Forhandlere af nanoteknologiske produkter til professionelle og private brugere af produkter.
- Servicevirksomheder, der er slutbrugere af nanoteknologiske produkter.

Introduktion

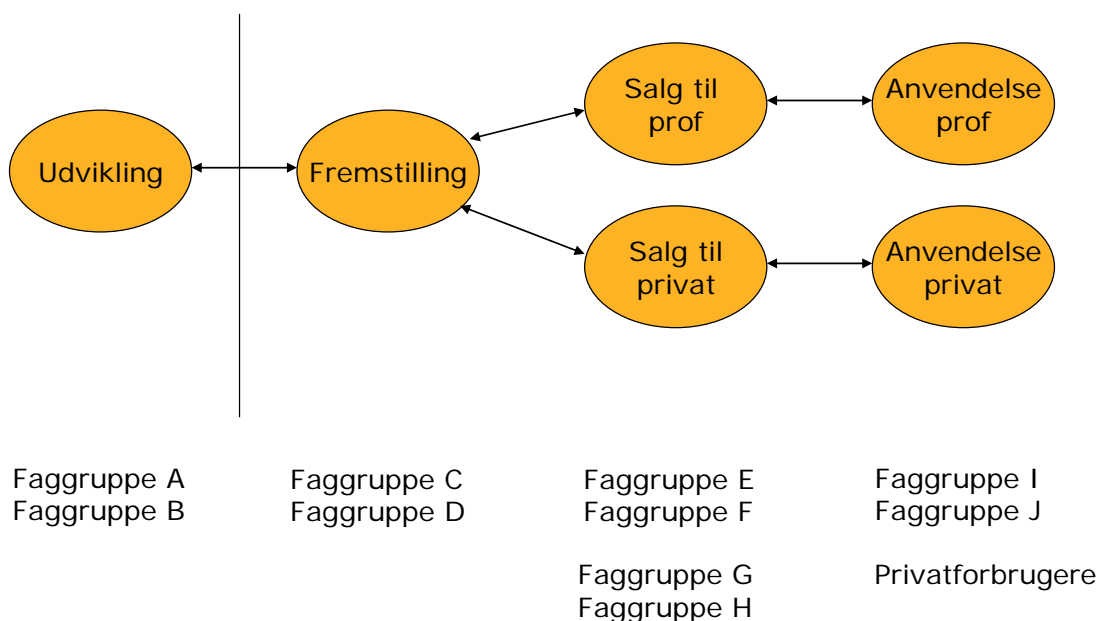
Produktkæder som metodisk tilgang

Projektet har i kortlægning, analyser og udvikling af anbefalinger taget udgangspunkt i en produktkædebetragtning. En produktkæde er en kæde af kunde-leverandør-relationer baseret på udveksling af materialer og produkter, information og kapital. Derudover har projektet også inddraget udviklingsarbejdet. I projektet er desuden anvendt en såkaldt co-shaping tilgang til forskning og innovation, idet der ofte ses en tæt interaktion mellem disse aktiviteter. Co-shaping betyder, at der sker en gensidig formulering af det problem, der søges løst, og den løsning, der udvikles. Der er således ikke tale om, at forskning løser veldefinerede problemer, men at problemerne defineres, således at de kan løses ved hjælp af de forståelser og metoder, som det pågældende videnskabelige område anvender.

Produktkæder

Udvikling og drift i produktkæder kan overordnet illustreres som i figuren nedenfor, hvor der specielt er fremhævet fokus på de faggrupper, der er beskæftiget i de enkelte dele af en produktkæde og i udviklingsarbejdet:

Udvikling og drift i produktkæde



I alle leddene i produktkæden ligger der desuden en bortskaffelsesopgave som formentlig varetages af de samme faggrupper der i øvrigt tager sig af denne opgave.

Eksempler på koblingen mellem produkter, brancher og faggrupper

Ved at opstille produktkæder for de produktområder, som blev identificeret i rapport og database, har vi kunnet opstille en liste med en række brancher, hvor nanoteknologiske materialer og produkter bliver produceret og anvendt, eller hvor det kan blive tilfældet i fremtiden.

Eksempler på produkter og deres sammenhæng med brancher og faggrupper er:

- Pigmenter, fillers og bindemidler i maling: Fremstilling af maling af industrioperatører og anvendelse af malere.
- Olie og smøremidler: Bred anvendelse i industrien af en lang række faggrupper samt af mekanikere i autobranschen.
- Overfladebehandlingsprodukter: Fremstillingsindustri samt anvendelse, ved bl.a. byggeri og bygningsvedligeholdelse, reparation og klargøring af biler.
- Zinkoxid/ titaniumdioxid i kosmetik: Fremstilling af kosmetik af industrioperatører o.l., salg på apoteker m.m. af farmakonomer.
- Antibakterielt sølv: Fremstilling af tøj og sko, husholdningsapparater hårde hvidevarer m.m. til privat og professionelt brug, anvendelse af sundheds- og plejepersonale.

Interviews i virksomheder

Med udgangspunkt i produkternes vej fra udvikling til fremstilling og videre til salg og anvendelse samt bortskaffelse af affald, spildevand m.m. er faggrupper og arbejdsfunktioner søgt identificeret gennem interviews i virksomheder. Fokus har været på kortlægning af forholdene i de interviewede virksomheder og evt. også hos leverandører, kunder og brugere – dvs. i andre led i den pågældende produktkæde.

Analyse af arbejdet..

Ved analysen af de enkelte led har vi – med udgangspunkt i en industrisociologisk tradition – lagt hovedvægt på at analysere selve arbejdet i forbindelse med nanoteknologiske processer og produkter. Uden dog at foretage dybdegående interview og arbejdspladsobservationer, som en detaljeret analyse af kvalifikationskrav i de enkelte arbejdsfunktioner ville kræve – hvilket ville have sprængt rammerne for denne overbliksanalyse.

For hvert led i en produktkæde er der ved hjælp af interviews med ledere og medarbejdere sat fokus på at besvare følgende spørgsmål:

- Hvilke faggrupper arbejder i dette led?
- Opstår der nye arbejdsfunktioner?
- Forandres eksisterende arbejdsfunktioner?
- Hvordan er arbejdsdelingen mellem faggrupperne?
- Hvordan lærer de forskellige faggrupper?
- Hvilke arbejdsmiljømæssige problemstillinger er der fokus på?

.. og af aktør-netværk

Analysen bygger desuden på en aktør-netværk forståelse af teknologi og innovationsprocesser. Vi har i vores interviews med virksomheder, myndigheder og forskere derfor også spurgt *de/s* til forskellige aktørers argumenter for nanoteknologiske produkter og processers samfundsmæssige rolle, *de/s* til samspillet mellem de mange elementer som teknologien består af, herunder de aktører og deres kompetencer, som er nødvendige for at kunne udvikle, producere og anvende teknologien.

Interviews med forskere

Ud over at spørge om planer for fremtidige processer og produkter og deres betydning for arbejdsfunktioner i de virksomheder,

vi har interviewet, har vi interviewet to forskere, der arbejder i området mellem forskning og innovation for at få viden om forskeres forståelser af hidtidige og fremtidige relationer i samspillet mellem forskning og innovation inden for nanoteknologi i Danmark.

*Kompetencebehov i
relation til arbejdsmiljø
og miljø*

Da arbejdsmiljø og miljø er centrale områder i erhvervsuddannelserne i dag, og nanoteknologisk produktion og anvendelse samtidig indebærer anvendelse af en række processer og produkter med kendte eller nye kemiske stoffer og materialer, har det været et centralt element i projektet at indsamle viden om uddannelsesbehov på områderne arbejdsmiljø og miljø fra forskellige aktører. Ud over at inddrage viden fra projektgruppens egen forskning samt litteratur og udsagn fra ledere og medarbejdere i de interviewede virksomheder er der foretaget interviews med NFA - Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø og Miljøstyrelsen.

Produkter med nanoteknologi – hvilke faggrupper arbejder med dem?

I dette kapitel beskriver vi, hvilke faggrupper der arbejder med de produkter vi har undersøgt:

- Overfladebehandling af biler
- Overfladebehandling af vinduesruder
- Belægning af støbeforme og værktøjer
- Maling
- Katalysatorer
- Andre produkter

Vi tager som nævnt udgangspunkt i en produktkædebetragtning.

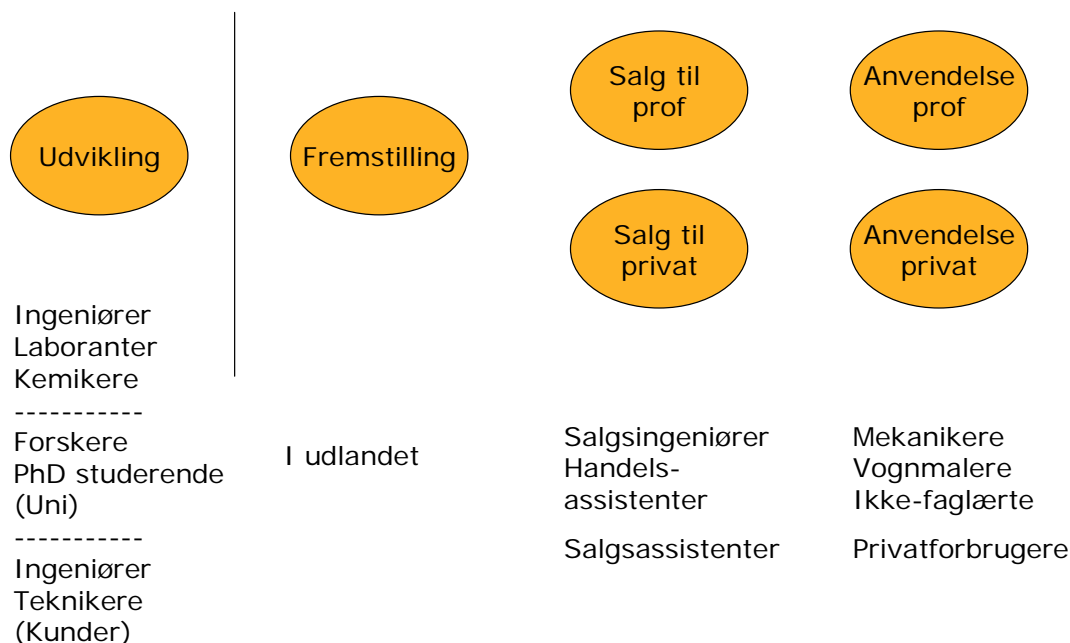
Overfladebehandling af biler

Vand- og smudsafvisende

Nanobaseret overfladebehandling virker vand- og smudsafvisende på ruder, fælge, lak og tekstiler. Hermed er der givet mulighed for nemmere vedligeholdelse og for principielt længere levetid for disse bilelementer.

Følgende figur illustrerer, hvilke faggrupper der arbejder i de forskellige led i produktkæden:

Overfladebehandling biler



Udvikling

Udviklingen af nye nanoprodukter til overfladebehandling foregår som kompleks co-shaping, hvor ingeniører, kemikere og laboranter fra udviklingsvirksomhederne arbejder tæt sammen med kunder om de meget specifikke anvendelser for de nanobaserede overfladebehandlinger. Faglærte er typisk ikke med i udviklingsarbejdet.

Til gengæld er det fast praksis at arbejde tæt sammen med universitetsmiljøer, f.eks. gennem ph.d-projekter. Også deltagelse i nano-netværk bidrager til indhentning af den nødvendige know-how.

Kendte principper, men brug for at eksperimentere

Er udviklingsarbejdet anderledes end arbejdet uden nano? Interviewet med to laboranter, der arbejder med udvikling, kvalitets sikring og afprøvning, viser, at omkring selve arbejdet med nanokemi er der en række teknikker og udstyr, der er identiske med teknikker og udstyr i farve-, lak- og klæbestofindustrien. Men der er en afgørende forskel, når man arbejder i nanoskala, idet materialerne opfører sig anderledes. Det er svært at finde bindemidler og produkter til at stabilisere partiklerne – "man skal selv ud og opfinde det".

Fremstilling

Fremstillingen af de salgsklare produkter foregår i udlandet, typisk i lande med stor tradition for kemisk produktion som Tyskland og Schweiz. Men selv i disse lande er 'produktion i storskala' stadig en lille niche.

Anvendelse

Påvirkning afhængig af arbejdsdelingen

Anvendelse af nanoprodukter til overfladebehandling af bilruder, sæder, fælge og lak foregår i Danmark først og fremmest i klargøringscentraler. Det kan være mekanikere, vognmalere eller ikke-faglærte medarbejdere, der tager sig af disse opgaver.

Mens overfladebehandling i nogle klargøringscentraler indgår som en blandt mange arbejdsopgaver, har andre klargøringscentraler en meget mere tayloristisk arbejdsdeling, hvor den enkelte medarbejder hele tiden overfladebehandler, hvilket indebærer, at eventuel brug af nanoprodukter er meget mere langvarig og uafbrudt. Dette har igen betydning for, hvor intensivt den enkelte bliver udsat for en eventuel sundhedsskadelig påvirkning.

Brug for kritisk stillingtagen ift sundhedsrisici

På den klargøringscentral, vi besøgte, har det lokale sikkerhedsudvalg besluttet at stoppe brugen af nanoprodukter, efter at to af medarbejderne havde fået henholdsvis eksemagtigt udslæt og stærk kvalme, endda efter ganske kortvarig brug. De afventer en analyse fra Arbejdsmedicinsk Klinik, før de tager fornyet stilling til at bruge produkterne. Virksomheden havde erfaret, at sikkerhedsdatabladet (leverandørbrugsanvisningen) var blevet ændret, efter de havde fortalt om arbejdsmiljøproblemerne, hvilket kunne pege på, at det nanobaserede produkt ikke har været tilstrækkeligt undersøgt inden det kom på markedet.

Brug for viden om risici i erhvervsuddannelserne

Adspurgt om hvad de på baggrund af deres erfaring ville give af tips til erhvervsuddannelserne på feltet, lød svaret som følger: "Jeg synes, de unge mennesker skal have at vide, at så længe der ikke ligger nogen dokumentation for, at det er ufarligt, hjælper det ikke at fortie, at folk bare bliver syge af det. Så er det bedre, at de får information - så har de valget, om de vil bruge det eller ikke vil bruge det. Så er det jo op til en selv. Så kan man ikke bagefter komme og sige 'jamen jeg vidste det ikke' ".

Og: "Det, de og vi har brug for at vide, er, om det f.eks. trænger gennem huden. Vi skal jo ikke stå i vejen for fremskridtet, hvis det er bedre og holder længere, men ikke på bekostning af vores helbred – ikke på vilkår."

Ikke afgørende ændringer i kvalifikationskrav..

Udviklere og brugere er enige om, at brugen af nanobaseret overfladebehandling ikke rækker væsentligt ved, hvad klargørerne skal vide og kunne i sammenligning med de gængse produkter.

...dog brug for ændring af vaner

Dog er der den væsentlige ændring, at hvor der ved de gængse produkter opnås de bedste resultater ved påsmøring af et tykt lag, opnås de bedste egenskaber med nanobaserede produkter ved det modsatte, nemlig en så tynd belægning som muligt. Interviewpersonen fra udviklingsvirksomheden udtrykte det på denne måde: "Det gælder om at smøre så lidt på som muligt – kun lige tilpas til, at det fungerer optimalt. Voksbehandling bliver som regel nemmere pæn, hvis man som udgangspunkt bruger meget voks, og denne ændring er svær at få overbevist mekanikere og klargørere om."

Salg

I den undersøgte virksomhed tager salgsingeniører sig af marketing, mens salg til engroskunder og slutkunder varetages af henholdsvis handels- og salgsassistenten med branchekendskab.

Professionelt salg påkrævet..

"Man skal ikke gøre det mere vanskeligt, end det er – i sidste ende har slutbrugerne brug for at vide, hvordan de skal bruge produktet, og produkterne har nogle egenskaber, som alle og enhver kan forholde sig til. Der er ikke brug for en ingeniør. Det er vigtigt, at man er i øjenhøjde med kunden."

Samtidig understreger såvel udvikler som anvender, at uprofessionelt oversalg på ingen måde er fremmede for udbredelsen af nanobaseret overfladebehandling. Alle kender til historier om, hvordan 'sælgere der kan sælge sand i Sahara' har skadet nanobaserede produkters ry, fordi den type sælgere ikke har den nødvendige viden om produkternes funktionalitet, anvendelsesteknikker og arbejdsmiljømæssige forhold.

..også til de private forbrugere

Overfladebehandlingsprodukterne til biler er også tilgængelige for den private forbruger, f.eks. gennem salg i byggemarkeder. Det virker dog ret beskedent, hvad sælgerne her får at vide om de nye produkters funktionalitet, påføringsmetoder og sundhedsrisici.

Overfladebehandling af vinduer, teknisk udstyr m.m.

Ved nanoteknologibaseret overfladebehandling af vinduesruder, betonoverflader m.v. gør stort set tilsvarende forhold sig gældende som ved overfladebehandling af biler. Blot med den forskel, at det er andre faggrupper, der anvender nanoprodukterne end ved overfladebehandling af biler. Det kan være forskellige typer faglærte og ikke-faglærte medarbejdere i byggesektoren, eller maskinarbejdere, industrifagteknikere, ikke-faglærte i fremstillingsvirksomheder.

Udvikling er en kernefunktion

På det nuværende udviklingsstadium er kernefunktionen i danske virksomheder først og fremmest selve udviklingen af nye anvendelser på overfladebehandlingsområdet. Som ovenfor beskrevet foregår dette udviklingsarbejde typisk i et komplekst samspil mellem ingeniører, kemikere, laboranter fra udviklingsvirksomheder, og typisk procesteknologer og ingeniører fra brugervirksomheder. Og i dette udviklingsarbejde er faglærte stort set fraværende.

Nyt udstyr til prøveproduktion og kvalitetskontrol

Nye kvalifikationskrav, der opstår som følge af nanoteknologien på dette felt, er først og fremmest rettet mod kvalitetskontrollen, hvor der både skal følges nye typer procedurer, og hvor produktionsudstyr til prøveproduktion og måleværktøj er specialudviklet af enten udviklervirksomheden selv eller af specifikke leverandører, der også sørger for den nødvendige oplæring i brug af dette udstyr.

En del af udstyret er kendt – måling af uv-spektre, viskositet, pH og infrarød spektrofotometri, og kun få apparater er særlige for nanoproduktionen. Det drejer sig blandt andet om en zetatiser, der kan måle partikelstørrelser, og om nogle på stedet udviklede maskiner. Derudover bruges produktspecifikke apparater, f.eks. en perlemølle udviklet til at male i nanostørrelse.

Tæt samspil med brugere..

Helt generelt understreges det af interviewpersonerne, at anvendelse i form af overfladebehandling, f.eks. coating af vinduer, i høj grad skal udvikles under hensyntagen til meget konkrete forhold i det område, vinduerne skal monteres i. Forskelle i eksempelvis sand- og saltindhold i luften kan betyde, at et nanobaseret produkt i den ene ende af landet kan virke fuldt ud effektivt, mens det samme produkt er uden effekt i den anden ende af landet.

..med teknisk indsigt

Dette forhold indebærer ifølge nogle af de interviewede udviklere, at det marked, der sigtes mod, bør være brugere med en uddannelse, der sætter dem i stand til at vurdere, om et overfladebehandlingsprodukt virker under givne ydre forhold eller ej. Hermed også sagt, at disse produkter ikke bør sælges som hyldevarer til hr. og fru hvem som helst, samtidig med at det ved salg til den private bruger er afgørende med en nøje forklaring om, under hvilke forhold en nanooverfladebehandling virker efter hensigten.

Kritisk evne til at søge viden

Som casen med overfladebehandling af biler viser, er der i relation til arbejdsmiljømæssige forhold en del forskellige holdninger og erfaringer. Disse forskelle og usikkerheder må betyde, at der er brug for udvikling af en kritisk evne til at søge viden om den aktuelle viden på feltet, og en tilpas forsigtig omgang med nanoprodukterne – eller som eksemplet med bilklargøringen viser, at anvendelsen af disse produkter om nødvendigt skal afvente, at sundhedsrisici er afklarede.

*Forbedrede egen-
skaber*

Belægning af støbeforme, værktøjer m.m.

Nanoteknologi gør det muligt at lave belægninger på skærende værktøjer og plaststøbeforme, der overflødiggør smøremidler i produktionen, hvilket er betydningsfuldt ved fremstilling af emballage til fødevarer, legetøj som børn tager i munden, insulinpinde m.m.

Længere levetid

Den type belægninger gør, at støbeforme slipper platen væsentligt lettere, hvilket betyder, at plaststøbeforme og skærende værktøj får en længere levetid.

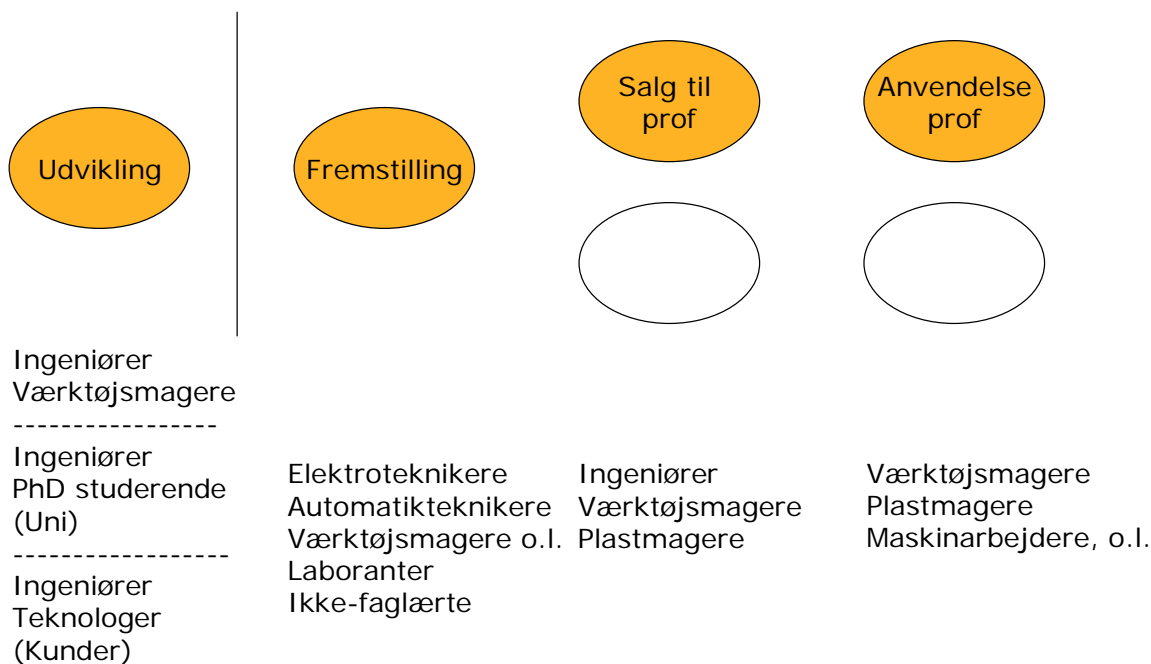
Belægningen sker i form af en PVD-proces. PVD (Physical Vapour Deposition) er en fællesbetegnelse for en række forskellige belægningsprocesser, hvor laget fremstilles ved udfældning af atomer eller molekyler fra et belægningsmateriale på fast form til et lag på et emne.

En niche i vækst

Der er foreløbig tale om en nicheproduktion, men affalds- og spildevandsproblematikken ved galvaniske belægninger bidrager formentligt til, at der vil være flere og flere belægningsprocesser, der bliver presset over i nanoteknologisk belægning.

Muligheder er der mange af - belægning af dele af brillestel, kunstige knæled, skærende værktøj, "men kunststykket er ikke at sprede sig alt for meget". Den interviewede leder regner med, at væksten vil ske både i Danmark, ved at udvide i Tyskland, etablere sig i Sverige m.m. "Vi bliver nok ikke 500, men vi vokser".

Belægning af støbeforme og værktøjer



Co-shaping

Udvikling

Udviklingen af nanobaserede belægningsprocesser bygger på en lang historie med et meget avanceret samarbejde mellem maskin- og procesudviklere, forskere og ikke mindst brugere, f.eks. sprøjtestøbevirksomheder og værktøjsproducenter. I forhold til eksempelvis belægning af sprøjtestøbeforme skal der for hver eneste form findes specifikke løsninger – ganske vist baseret på de samme principper.

Dette udviklingsarbejde varetages først og fremmest af ingeniører og teknologer, men der kan også være værktøjsmagere og andre maskinorienterede faglærte involveret.

"Den optimale situation er, at en kunde, der skal til at lave et værktøj, tager os med - hærdelesten, stålleverandøren og ham der laver værktøjet - og hvor vi i en gruppe fra starten af planlægger, hvordan vi kan lave det bedste værktøj".

Der er også intens kontakt med forskningsverdenen.

Tæt samarbejde mellem faggrupper

Fremstilling

Der er principielt mange faggrupper, der kan arbejde med selve belægningsprocessen og vedligehold og reparation af udstyret. Det er vigtigt, at de har forstand på, hvordan produktionsudstyr fungerer, at de er meget påpasselige, i og med at der er enormt mange parametre, der skal styres. I den besøgte virksomhed har det derfor heller ikke været afgørende, præcis hvilken type faglærte der skal varetage det daglige arbejde ved belægningsprocesserne. Det, man lægger vægt på, udover en baggrund som elektrotekniker e.l., er, at de kan kommunikere med alle andre i virksomheden: ingeniører der udvikler, ingeniører der sælger samt laboranter der dokumenterer og kommunikerer med kunder. I og med at der stort set for hvert nyt emne skal findes nye løsninger, er det vigtigt, at der også hele tiden kan kommunikeres fagligt om disse nye løsninger.

Fejlfindingsmetodik

Fejlfinding er en væsentlig del af arbejdet. Der kan være tale om ganske komplekse fejlfindingsprocesser. En fejl i den belagte støbeform kan eksempelvis skyldes en fejl i maskinen. Men det kan også være en fejl, der stammer fra en forkert indstilling af parametrene eller fra renseprocessen. Det er centralt, at vedkommende "er god til generel fejlfindingsstækning", som en af de interviewede elektroteknikere udtrykker det.

Selv opsøge viden

Medarbejderen har lært det meste om belægninger og især om nanoteknologi på området på egen hånd gennem faglitteratur, afprøvninger af forskellige fremgangsmåder m.m. Og så handler det meget om, at de øvrige kolleger virksomheden, ikke mindst ingeniørerne, er villige til at lære fra sig.

Lukkede processer

Arbejdsmiljømæssigt er der tilsyneladende ikke nogle specifikke udfordringer relateret til de nanoteknologiske belægningsprocesser. Disse processer foregår i hermetisk lukkede kamre. Ved rensning af kamrene er det støv, der findes, ikke på nanopartikelniveau. Ifølge virksomheden er det tilstrækkeligt, at gængse forholdsregler ved omgang med støv bliver overholdt.

Både lederen og den faglærte understreger, at disse processer erstatter langt farligere galvaniseringsprocesser – både i forhold til miljø og arbejdsmiljø, således at der kan være miljø- og arbejdsmiljømæssige fordele ved anvendelse af denne teknologi.

Brug for teknisk viden

Salg

Salget kræver faglig indsigt vedrørende såvel værktøjer af forskellig slags som fordele ved forskellige belægninger. Derfor varetages salget i den besøgte virksomhed af en ingeniør.

"Jeg har faktisk prøvet at få en mand ind, der var mere salgsuddannet for at se, om det ikke gav nogle nye vinkler. Det gjorde det også, men som han sagde – 'hver eneste gang jeg er ude og sælge, så ender jeg på produktionsgulvet og står og kigger på et værktøj'. Det følte han sig ikke tryk ved, så han sagde op efter et år."

Det behøver ikke være ingeniører, der varetager salgsfunktionen. Det kan også være værktøjsmagere, plastmagere eller andre, der kan tage en faglig snak om værktøjer mm. Det, som sælgerne skal kunne, er at fortælle, hvad en sprøjteform kan, når den er gået gennem denne form for belægningsproces.

Det betyder til gengæld ikke så meget, om sælgerne har forstand på selve belægningsprocessen. "Vi gør mindre og mindre ud af at forklare kunderne, hvad belægninger består af og hvordan de er lavet – og mere hvad de kan gøre for dem. Problemløsning: hvis de har et problem, så har vi en løsning".

Faglærte brugere

Anvendelse

Brugere af de belagte støbeforme og værktøjer er typisk opstillere og reparatører hos brugervirksomheder, dvs. plastmagere, maskinarbejdere, værktøjsmagere m.fl. Selve brugen af belagte værktøjer til sprøjtestøbning eller skærende processer er ikke væsentligt anderledes end tilsvarende arbejde med ubelagte værktøjer. Til gengæld kommer der nye faktorer på dagsordenen i vedligeholdelsesfunktionen. "Det er erfaringen, at de største problemer, der opstår med et værktøj, de opstår, når det er adskilt – i håndteringen af værktøjet - ikke mens det kører. Og det er måske, fordi man er vant til at arbejde med ubelagte værktøjer – så kan man godt lige file her og der, men det kan man ikke, når det er belagt."

Manglende viden om nano og legeringer en barriere

"Det ville være superrelevant, hvis viden om nano og legeringer i det hele taget kom mere ind i uddannelsen af værktøjsmagerne, men også hos laboranter og elektronikfolk. Vi skal mange gange ind og overbevise dem om, at det kan betale sig at gøre det her."

Denne pointe om, at manglende viden om nanoteknologiske belægninger hos dem, der anvender plaststøbeforme og skærende værktøjer, er en barriere i forhold til udbredelsen af den type belægninger, var der også enighed om på workshoppen med de faglige udvalg.

Tilbageholdenhed på grund af usikkerhed om arbejdsmiljø

Maling

I farve- og lakindustrien er den første reaktion, man møder, når man spørger om nanoteknologi, at det bestemt ikke er noget nyt, idet branchen "i 500 år har arbejdet med nanoteknologi". Og alligevel: Når man fokuserer på funktionalitet, så er nanoteknologi interessant. I de to interviewede virksomheder er der dog en vis tilbageholdenhed med at satse på nanobaserede produkter på grund af manglende viden om, hvad partikler gør arbejdsmiljø-mæssigt, når/hvis de optræder i nanostørrelse. Begge virksomheder er derfor også med i et NFA-projekt om denne problemstilling.

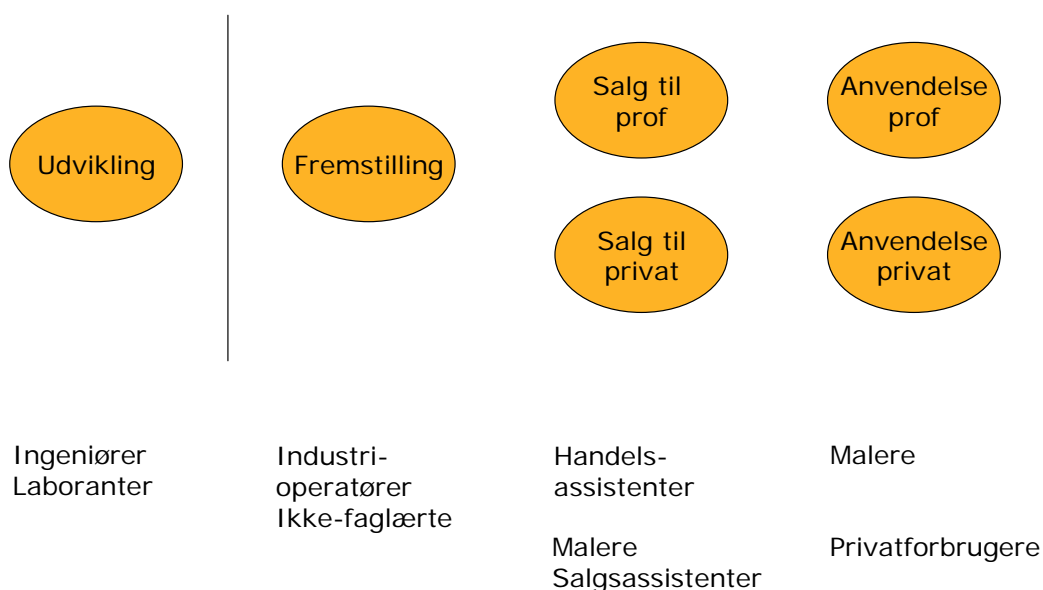
Først når denne statslige offentlige forskning frikender denne form for nanoteknologi, vil man for alvor gå i gang, hvis funktionaliteten er væsentlig forbedret. De interviewede virksomheder mener ikke, at leverandørers egne undersøgelser er tilstrækkelige til at fjerne tvivlen.

Kunderne, dvs. de professionelle malere, er med til at holde tilbage. De vil ikke have nano ind. De ved, at de i givet fald vil blive udsat for det i hele deres arbejdsdag og siden opdagelsen af og diskussionerne om malersyndromet er der en udviklet skepsis i branchen over for produkter, der ikke er undersøgt grundigt. Også professionelle malere afventer, om det definitivt kan påvises, at nanobaseret maling er uskadeligt.

Nye funktionaliteter i venteposition

Nye funktionaliteter, som nogle virksomheder i farve- og lakbranchen satser på, som f.eks. selvrensende, bakteriehæmmende maling på hospitaler, vand- og smudsafvisende udendørs vægmaling og træbeskyttelse, rokker ikke ved denne tilbageholdenhed hos de interviewede virksomheder.

Maling



Samspil med leverandører

Udvikling

Laboranter og ingeniører er de faggrupper, der er i gang eller kommer til at udvikle nanobaserede malingstyper. Deres arbejde er ikke anderledes end ved udvikling og testning af mere gængse malingstyper. Laboranterne skal ikke have øget viden. Det er almindelig viden om maling, der er påkrævet.

Hvis der kommer helt nye produkter, f.eks. bindemidler, som eventuelt kræver nye arbejdsmetoder, er det afgørende, at der er direkte kontakt med producenterne af disse nye produkter.

Kendt produktionsproces

Fremstilling

Maling fremstilles typisk af ikke-faglærte eller industrioperatører, og det vil en satsning på malingstyper, der udnytter nye funktionaliteter ved hjælp af nanoteknologi, ikke ændre på.

Vi vil i givet fald få nano ind gennem præfabrikerede dispersioner. "Selve produktionsprocessen vil være den samme. Og hvis arbejderne skulle arbejde med ekstra beskyttelse, så vil vi ikke gøre det – det er det ikke værd." Hvis det bare er 'nice to have' i forhold til funktionalitet, men kræver alt for meget nyt produktionsudstyr eller risici for produktionsmedarbejderne, vælges nanoteknologi fra i dette tilfælde.

Grænseværdier for forskellige pulvere indgår i eksisterende miljøcertificeringsstandarder, som dog indtil nu ikke forholder sig til nano.

Sælgerne bør kunne rådgive om sundhedsrisici

Salg

Der er også sundhedsrisici, når private forbrugere køber og bruger maling. Når de blander og sliber, skal de vide, hvordan de bør beskytte sig. Derfor bør salgsassistenter og malere, der sælger til private forbrugere, være helt ajour med, hvordan man håndterer maling forsvarligt, inklusiv eventuelle nye nanobaserede produkter, således at de kan vejlede de private forbrugere i hvordan de undgår at udsætte sig for en sundhedsrisiko.

Malerne bør kende nye funktionaliteter

Anvendelse

Der er to typer af brugere: den professionelle maler og den private forbruger.

Den professionelle bruger, maleren, vil først og fremmest skulle kende til det nye produkts funktionalitet og ikke mindst vide, hvordan der i givet fald blandes, påføres og slibes på sundhedsmæssigt forsvarlig måde.

NFA har testet slibestøv fra en række malingsprodukter med nanopartikler og fundet at der ikke kommer nanopartikler fra malingen i slibestøvet. Det siger ifølge NFA dog kun noget om de undersøgte produkter. Derfor skal de forholdsregler, der gælder ved slibning af maling i det hele taget, overholdes.

Hvad med den private forbruger?

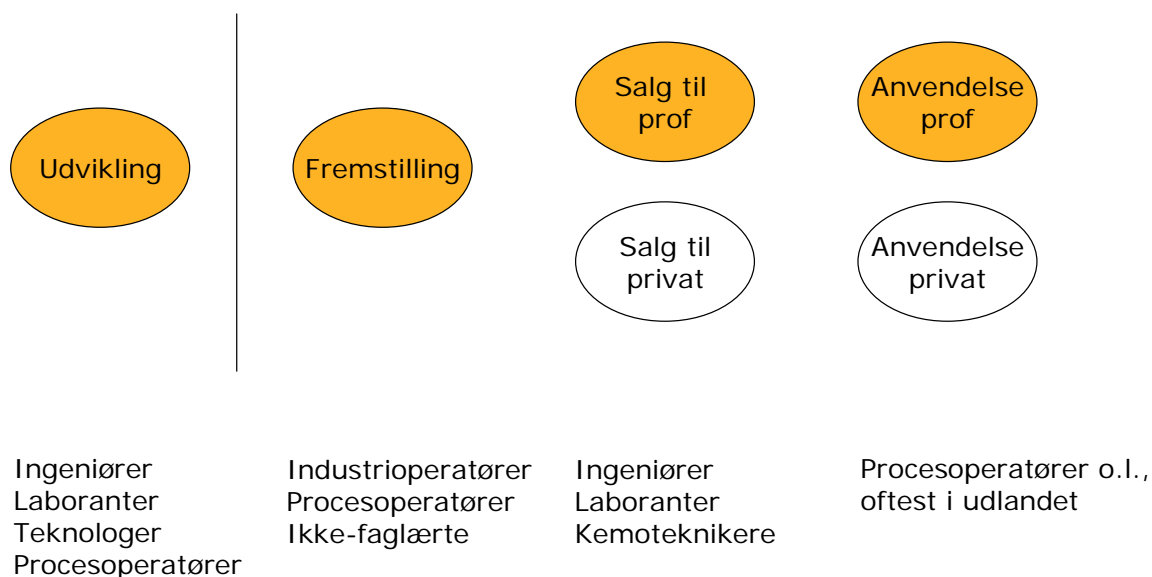
Den private forbruger er ifølge de interviewede på herrens mark og umådeligt vanskelig at kommunikere med. I nogle kæder er det professionelle malere, der rådgiver og sælger, andre steder er det salgsassistenter, og endelig er der mange steder, hvor forbrugeren bare tager produktet fra hylderne og i bedste fald læser og forstår oplysningerne på etiketterne.

Katalysatorer

Katalysatorer har været produceret i årtier, og i princippet bygget på nanoteknologi, uden at man var bevidst om det. Ifølge den interviewede fabrikschef "er det den samme teknologi, som vi arbejdede med i 1940. Vi hverken laver nanopartikler eller blander dem i. Det sker i processen ud fra bulk-kemikalier. Vi ser først i elektronmikroskoper, at det er nano".

Nanoegenskaberne – store overflader og høj overfladeenergi - udnyttes i katalysatorer i processer på eksempelvis kemiske værker, raffinaderier eller i reaktorer o.l.

Katalysatorer



Mange faggrupper deltager i testproduktion

Udvikling

Når der udvikles nye produkter, undersøges det først, om de kan produceres på de eksisterende anlæg. Hvis det ikke kan lade sig gøre, etableres der en testproduktion, hvor alle faggrupper er med.

Industri- og procesoperatører, elektrikere og smede, ingeniører og laboranter deltager med hver deres spidskompetencer i denne 'problemknusning'. Og ikke mindst overførslen fra testproduktion til storskala giver store udfordringer, hvor igen alle faggrupper bidrager til problemløsningen, f.eks. i relation til at holde partikler i opslæmninger.

*Arbejdet påvirkes
ikke væsentligt*

Fremstilling

I den daglige drift er fremstillingen af katalysatorer en kombination af keramisk industri og gængs kemisk procesindustri. Selve processen foregår i lukkede systemer, styret og kontrolleret af medarbejdere i kontrolrum. Det er typisk industrioperatører eller procesoperatører, der arbejder i kontrolrummene. De bliver internt opkvalificeret til at arbejde med de specifikke processer, specielt med henblik på viden om kemiske processer. Derudover er det oftest ikke-faglærte medarbejdere, der står for intern transport, pakke- og lagerfunktionen. Og de 'typiske' faggrupper – automatik teknikere, elektrikere, smede, i nogle tilfælde også maskinmestre – fejlfinder, reparerer og vedligeholder udstyret.

*Kemiske processer –
ikke nano - i fokus i
intern oplæring..*

I den interne oplæring – hvor underviserne er erfarne proces- og industrioperatører - er der fokus på forståelsen af kemiske processer og sikkerhed. Nanoteknologi udgør ikke noget selvstændigt tema i denne undervisning, da nanomaterialerne opfattes på lige fod med andre kemiske stoffer.

..og ift. arbejdsmiljø

Arbejdsmiljømæssigt agerer den besøgte virksomhed ud fra, at processerne er kemisk industri. "Vi arbejder med miljøskadelige, giftige og potentielt kræftfremkaldende stoffer. Det skal håndteres miljø- og arbejdsmiljømæssigt – og det bliver de." Virksomheden er arbejdsmiljøcertificeret. "Arbejdsmiljøorganisationen, og tidligere BST, har gjort et enormt stykke arbejde for at kortlægge eksponering med udgangspunkt i det kemiske, men ikke nano i sig selv."

*Sælgerne med tek-
nisk baggrund*

Salg

De fleste sælgere har en ingeniørbaggrund, fordi de skal kunne formidle til folk med teknisk baggrund.

Ved opstart af nye anlæg hos kunden, som betragtes som sidste step i salgsprocessen, er maskinmestre der er internt skolede til det kemiske, med til at fejlfinde og afhjælpe fejl. Laboranter og kemoteknikere deltager også, når der skal foretages målinger på det nye anlæg.

Anvendelse

Vi har i denne undersøgelse ikke baggrund for at beskrive, hvilke faggrupper der anvender katalysatorerne og hvad anvendelsen af katalysatorer særskilt kræver af faglig kunnen.

Andre produkter

Vi har i løbet af undersøgelsen forsøgt at få beskrevet tilsvarende produktkæder for tekniske tekstiler og kosmetik og derfor interviewet virksomheder og/eller brancheforeninger ved besøg og/eller i form af telefoninterview. Vi beskriver resultaterne af disse interview i lidt mere summarisk form, fordi der i begge disse produktgrupper tilsyneladende ikke skelnes afgørende mellem nanoprodukter og andre produkter, og det samtidig har været vanskeligt at få detaljeret information om udvikling, produktion og salg af produkterne.

Kosmetik

Skrappe forholdsregler for sundhed og hygiejne

Generelt er produktionen af kosmetik kendetegnet ved skrappe forholdsregler vedrørende hygiejne og sundhed. Derfor forsøger man at undgå, at medarbejderne under fremstillingsprocessen kommer i kontakt med råvarerne og produkterne.

Dette argument var også afgørende for, at en af de virksomheder, vi henvendte os til, ikke ønskede at deltage i undersøgelsen. I en mail svarede virksomheden dog på følgende måde: "Vi finder ikke anledning til at lave særlige forholdsregler for produkter, hvori anvendelse af nanoteknologi indgår. Sådanne produkter er at betragte som kosmetiske produkter, og som sådan er de underlagt de samme krav (på råvare-, produkt- og post-marketingniveau), som er gældende for andre kosmetiske produkter i henhold til de eksisterende lovgivninger.

Derfor ser vi heller ikke et behov for at have særlige forholdsregler for professionelle brugere af produkter med anvendt nanoteknologi, da produkterne bør håndteres som andre kosmetiske produkter, primært i henhold til brugsanvisningen."

Samme produktionsproces

Den interviewede produktudvikler i en anden virksomhed er enig i vurderingen af, at der ikke er specifikke udfordringer forbundet med produktionen af f.eks. solcreme med uorganisk nano-filter – med undtagelse af rengøring af udstyret, som kan være vanskelig, da det hvidter – dvs. giver en hvid overflade, der er vanskelig at rense af. En effekt der dog også forekommer, når man arbejder med titandioxid i større partikelstørrelser end nano.

Solcreme- og anden kosmetik fremstilles af faggrupper, der også findes i andre dele af procesindustrien: mejerister, industrioperatører, procesoperatører, smede og ikke-faglærte.

Brug for rådgivning om sundhedsrisici

Salgsleddet ville være interessant at følge op på. Farmakonomer på apotekerne, salgsassistenter hos materialister og i supermarkeder burde kunne rådgive de private forbrugere om virkning og bivirkninger af de forskellige produkter, f.eks. de tilgængelige UV-filtre, eller i hvert fald om hvor sikker eller usikker viden der er om disse produkters og deres ingrediensers (bi-)virkninger. Et eksempel på en problemstilling knyttet til produkter med nanobaserede ingredienser er debatten om risikoen ved uorganiske (fysiske) solfiltre på nanoform som følge af faren for at solfiltret på nanoform (titandioxid) kan trænge ind i kroppen, når solcremen smøres på huden.

Tekniske tekstiler

Flere virksomheder i Danmark arbejder med fremstilling af fibre eller anvender fibre, der er behandlet med eller tilsat nanomaterialer, men af forskellige årsager har de ikke ønsket at medvirke i denne undersøgelse. Efterbehandling af tekstiler er imidlertid også et udbredt område, hvor nanoteknologi enten har eller kan forventes at få betydning.

På tekstilområdet kan behandlinger ved farvning eller coating af tekstiler yderligere bidrage til at styrke eksempelvis følgende egenskaber:

- Stabilitet
- Vandafvisende eller vandsugende
- Smudsafvisende
- Flammehæmmende
- Bakteriehæmmende
- Olieafvisende
- Anti-fnug

Mange anvendelser

Tekniske tekstiler kan anvendes til en række forskellige formål alt efter behandlingen, f.eks. til en del af det udstyr, der anvendes til ventilation og filtrering i hospital og sundhedssektor, sko, medicinalprodukter, udstyr til biler og nogle møbler. Også sportsbeklædning og boligudstyr kan være fremstillet af behandlede tekstiler.

Stoler på leverandøranvisninger

I den besøgte virksomhed er nanobehandlinger en lille del af produktionen, idet virksomheden tilbyder behandlinger med vandafvisende egenskaber, der er nanoteknologisk baseret. Det er en traditionel behandling, som kan siges at være nanoteknologi, før man begyndte at lægge vægt på at bruge begrebet.

Virksomheden tilbyder også bakteriehæmmende behandlinger med sølvioner, men den aktuelle behandling er ifølge virksomheden ikke nanobaseret. De to interviewede ledere er enige om, at det nanoprodukt, de arbejder med, er uproblematisk. Virksomheden finder, at de er nødt til at stole på leverandørens anvisninger, og virksomheden kan anvende produktet, fordi det ikke fordrer nyt produktionsudstyr. Det medfører hverken kompetence- eller arbejdsmiljømæssigt nye krav at anvende behandlingen. "Man skal bare have styr på processen". Tests gennemføres typisk hos leverandørerne, da hver egenskab kræver sin egen test, og det ville være alt for dyrt at have alt nødvendigt testudstyr stående.

Tøvende holdning til nano

Holdningen til i fremtiden at anvende nanoforbindelser er som følge af en usikkerhed om arbejdsmiljø- og miljøforholdene noget tøvende. Samtidig efterspørges flere anvendelser, som virksomhedens leder kunne forestille sig, at nye coating produkter, herunder nanoteknologisk baserede, kunne udvikles til. Det er f.eks. egenskaber som permanent flammehæmning og bedre indfarvning af visse kunststofmaterialer.

Farvning, coating, og tekstilbehandling udføres af ufaglærte og farveriteknikere. Denne uddannelse eksisterer ikke længere, så fremover vil procesteknikere og lignende muligvis være faggrupper, der kunne blive beskæftiget i denne type industri.

Tekniske tekstiler finder som beskrevet anvendelse i mange forskellige brancher, så en lang række faglærte kan potentielt komme i berøring med den type produkter.

Arbejde med nano - konklusioner på tværs af produkterne

I det følgende ser vi på tværs af de produkter, der er beskrevet i det foregående kapitel, og beskriver gennemgående karakteristika ved arbejdet med nanoteknologi i forbindelse med

- Udvikling
- Fremstilling
- Salg
- Anvendelse

Udvikling

Co-shaping i fuld udfoldelse

Vi er i et meget tidligt stadie af nanoteknologiske anvendelser. Selv om virksomhederne på visse områder som f.eks. i farve- og lakindustrien og ved fremstilling af katalysatorer har bygget på kemiske processer på nanoniveau i meget lang tid, er det forholdsvis nyt, at man er i stand til at kontrollere, styre og udnytte nanostørrelsen til at frembringe nye produkter eller nye egenskaber ved kendte produkter.

Udvikling baseret på nanovidenskab er derfor en ny og væsentlig funktion og udgør for nogle virksomheders vedkommende selve den forretningsmæssige kernefunktion.

På tværs af de besøgte brancher tegner der sig et billede af udviklingsarbejdet, der kan betegnes som reel co-shaping: Ingeniører, laboranter og kemikere fra udviklingsvirksomheder arbejder sammen med teknikere og ingeniører fra kunder samt ingeniører og teknikere fra udenlandske leverandørvirksomheder om samtidig at udvikle forståelsen af problemer og løsningsmuligheder. De drøfter de problemer, som kunder står overfor, genererer ideer, som der eksperimenteres med, testes, forkastes, laves pilotforsøg mv., indtil en ny funktionalitet af et kendt produkt eller et helt nyt produkt er klar til endelig brug. I denne proces trækkes der også i høj grad på et tæt samarbejde med danske og udenlandske forskningsmiljøer.

Faglærte deltager kun sjældent

I udviklingsarbejdet er faglærte et sjældent syn. KVVU-niveauet i form af især laboranter er til gengæld rigt repræsenteret.

Fremstilling

Nanomaterialer fremstilles i udlandet

Ved kemisk nanoteknologi, (dvs. hvor der foregår kemiske processer ved produktion og/eller anvendelse af nanoteknologi) som de fleste af de undersøgte nanoanvendelser handler om, er det nødvendigt at skelne mellem selve fremstillingen af materiale på nanostørrelse, så som nanotitandioxid, på den ene side og på den anden side fremstillingen af et produkt, hvori dette materiale indgår, f.eks. maling. Det første – altså fremstilling af egentlige nanomaterialer – foregår typisk i store udenlandske virksomheder i den kemiske industri.

Ofte typisk procesindustri

Fremstillingen af det endelige produkt foregår for nogle produkters vedkommende også i udlandet – f.eks. i casene med overfla-

debehandlings- og coatingsprodukter. Andre produkter, især hvor nanoteknologi muliggør nye funktionaliteter i kendte produkttyper, produceres og anvendes i Danmark, f.eks. solcreme, kemo-tekstiler, maling, katalysatorer. I disse tilfælde er arbejdet ved fremstilling typisk procesindustrielt arbejde, der udføres af ikke-faglærte eller faglærte industrioperatører eller procesoperatører.

Arbejdets karakter ændres stort set ikke og udføres typisk af de samme medarbejdere, som arbejder med fremstilling af ikke-nanobaserede produkter og foregår på det samme produktionsudstyr.

Belægning af værktøjer en hel anden proces

Ved belægning af plaststøbeforme og skærende værktøjer forholder det sig anderledes. Der foretages den nanoteknologiske belægningsproces med specifikt udviklet udstyr i form af lukkede kamre, hvor belægningsprocessen foregår atom for atom. Den varetages typisk af faglærte i tæt samspil med de ingeniører, der har fundet frem til de konkrete kundespecifikke belægningsprocesser. Det kan være elektroteknikere, værktøjsmagere m.fl., ikke fordi de har lært om denne type nanoteknologisk belægning i deres uddannelse, men fordi arbejdet bygger på generel forståelse af, hvordan produktionsudstyr fungerer, på generelle fejlfindingsmetoder, suppleret med den udstyrs- og processpecifikke virksomhedsinterne læring der foregår i belægningsvirksomhederne.

Salg

Salg til professionel bruger

Der er grundlæggende to typer salgssituationer: salget til den professionelle bruger, typisk virksomheder, og salget til den private forbruger.

Vi har ikke gennemført interviews med ledere eller medarbejdere i salgsleddet. Men ud fra interviewene med udviklings- og fremstillingsvirksomhederne konkluderer vi følgende i forhold til arbejdet med salg af nanobaserede produkter:

For handelsassistenter, salgsassistenter og håndværkere, der er beskæftiget som sælgere til deres fagfæller, er det helt centralt at kunne rådgive om, hvilke egenskaber det nye nanobaserede produkt har, og hvordan dets funktionalitet er anderledes end det gængse produkt. Endvidere hvorvidt produktet skal håndteres anderledes af hensyn til arbejdsmiljø- og miljørisici.

Salg til professionelle brugere kræver derfor ofte en ligeværdig faglig dialog mellem fagfæller og varetages derfor ofte af ingeniører, værktøjsmagere, malere o.l., der har forstand på det arbejde og de produktmæssige udfordringer, kunden kan stå overfor. Der er enighed om, at det som regel ikke er nanoteknologi i sig selv, der er salgsargumentet, men den nye funktionalitet, som nanoteknologi medfører.

Tidligere erfaringer med det, man kan kalde 'nanohype' – dvs. produkter der søges solgt ved at henvise til dets indhold af nanobaserede materialer e.l. - og ikke 'holder hvad der loves' har vist sig at være kontraproduktivt, ved at der spildes mange ressourcer, både fysiske og økonomiske, hvis der skal rettes op på mang-

lende resultater. Samtidig er der risiko for alt, der har med nano at gøre, får et dårligt image.

Arbejds miljømæssige forhold, der skal tages højde for, skal sælgerne gøre opmærksom på ved bl.a. at formidle leverandørbrugsanvisninger og ved at levere anvisninger, der er fyldestgørende. Disse brugsanvisninger er en del af grundlaget for, at sikkerhedsorganisationen hos de professionelle brugere, som er ansvarlig for forsvarlig brug af nanobaserede produkter og processer, kan udarbejde arbejdspladsbrugsanvisninger. Sikkerhedsorganisationen er således ganske afhængig af, at leverandørerne lever op til forpligtelsen om fyldestgørende leverandørbrugsanvisninger. Som casen med klargøringscentralen viste, er dette ikke altid tilfældet.

Privatforbrugeren er også afhængig af kompetent sælger

Forpligtelsen er ikke helt den samme i forbindelse med salg til den private forbruger. Forbrugeren er i høj grad afhængig af en seriøs klassificering og mærkning af produkter samt af rådgivning om produkternes egenskaber og om sikkerhedsmæssige forhold, man skal tage højde for ved brug af nanobaserede produkter, f.eks. overfladebehandling af bilruder, solcreme og alle de produkter, der vil komme på markedet i de kommende år.

Desuden kan der f.eks. ved forskellige overfladebehandlingsprodukter og maling være specifikke påføringsteknikker, som sælgerne bør kunne rådgive den private forbruger om.

Det er ikke mindst en vigtig opgave for salgsassistenter, der sælger nanobaserede produkter til den private forbruger, at kunne rådgive om eventuelle sundhedsrisici og om de specifikke beskyttelsesformer, der skal anvendes ved brug af produkterne.

Anvendelse

Mange forskellige faggrupper

For alle professionelle brugere af kemisk nanoteknologi – uanset hvilken faggruppe det drejer sig om – og hermed for de erhvervsuddannelser, der retter sig mod disse faggrupper – gælder det, at de bør lære, hvordan det pågældende produkt er sammensat, og hvordan nano bidrager til en ny funktionalitet.

Brug for viden om nye funktionaliteter...

Det vil gælde f.eks. malere, der bruger maling med nanobaserede ingredienser, kosmetikere, der bruger nanobaseret kosmetik, bygningshåndværkere, der monterer nanocoatede vinduesruder, vognmalere eller mekanikere, der klargør biler med nanobaserede overfladebehandlingsprodukter, samt værktøjsmagere og plastmagere, der opstiller og vedligeholder belagte forme til sprøjtestøbemaskiner.

..og arbejdsmiljøforhold

Endvidere skal disse faggrupper være på forkant med viden om de arbejdsmiljømæssige ulemper og fordele, der er forbundet med brugen af de nye produkter samt eventuelle ændrede krav til håndtering af affald og spildevand fra anvendelse af produkterne. Desuden vil der i visse tilfælde være nye påførings- og kvalitetskontrolmetoder, der skal tilegnes.

Arbejdsmiljø og miljø

Projektet har også som formål at vurdere, hvordan arbejdsmiljø og miljø vil blive påvirket af øget anvendelse af nanoteknologiske processer og materialer, og hvordan man kan håndtere arbejdsmiljø og miljø med nanoteknologi. Uddannelsesrelevante konklusioner om arbejdsmiljø og miljø findes i afsnittet 'Konklusioner med henblik på fornyelse af erhvervsuddannelser'.

Dette afsnit er baseret på interview med det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø og Miljøstyrelsen, suppleret med betragtninger fra interviews med virksomheder og forskere.

Arbejdsmiljø og nanoteknologi er et af de områder, der er kommet i fokus, både internationalt og i Danmark i forbindelse med den øgede anvendelse af nanoteknologi. Da nanoteknologibegrebet omfatter en række meget forskellige teknologi-områder med forskellige processer, kemiske stoffer og materialer, er det nødvendigt at skelne mellem forskellige former for nanoteknologi, i en vurdering af betydningen for arbejdsmiljø. På nuværende tidspunkt mangler der imidlertid det nødvendige overblik over arbejdsmiljøkonsekvenser af nanoteknologier, og den enkelte proces eller materiale må vurderes fra sag til sag.

Vurdering af kemisk arbejdsmiljø ud fra effekt, eksponering og eksponeringsvarighed

En metode til at vurdere kemisk arbejdsmiljø er at se på

- Effekten af de kemiske stoffer og materialer, man arbejder med.
- Eksponeringen for de kemiske stoffer og materialer, dvs. hvor og hvordan man kommer i kontakt med stofferne og materialerne.
- Eksponeringens varighed.

Denne overordnede metode skal bruges til at se på alle dele af en produktions- eller anvendelsesproces: klargøring, drift, rengøring og reparation, hvor både effekter og eksponering skal vurderes.

Effekt

Effekt defineres her som effekten af det kemiske stof eller materialet og den form det er på (fast stof, aerosol, pulver etc.).

Svejserøg, dieselos og lerpartikler er kendte nanopartikler

Man er ikke ukendt med, at partikler optræder på nanoform - f.eks. i svejserøg, udstødning fra dieselmotorer, eller bearbejdning af ler - og at det er nødvendigt at beskytte medarbejdere mod eksponering for disse og mange andre partikler.

Effekt af stof på konventionel form og nanoform sandsynligvis forskellig

Arbejdsmiljømæssige effekter af nanomaterialer på partikelform er svære at vurdere. Grundlæggende kan kemiske stoffer og materialer på konventionel form og på nanoform ikke forventes at have den samme virkning. Taler vi om nanopartikler, hvad enten de er i en væske eller som pulver, vil de på grund af den langt større overflade have en højere reaktionsevne end større partikler af samme stof.

Den form, nanopartikler optræder på, er afgørende. De interviewede virksomheder i farve-lak branchen lagde stor vægt på, at pigmenter og også bindemidler med partikler på nanostørrelse blev leveret fra producenten dispergeret i væske eller som pasta for at undgå støv med partikler.

Ofte manglende pligt til deklarering manglende viden

NFA bemærker, at mange nanoforbindelser grundet den nuværende regulering af kemikalier ikke skal deklareres, fordi de ofte optræder i produkter i så lille mængde vægtmæssigt, at de kommer under grænserne for deklaration. Samtidig må man forvente, at en producents eller leverandørs mærkning vil tage udgangspunkt i den form af stoffet, som ikke er på nanoform, da der meget sjældent findes viden om effekten af stoffet på nanoform.

Effekten af det konkrete produkt er således sjældent vurderet. Samtidig vil leverandørbrugsanvisninger og sikkerhedsdatablade være baseret på, hvordan indholdsstofferne virker enkeltvis, og ikke samlet.

Når det gælder 'kendte' nanoprodukter som svejserøg og ler har man en vis erfaring, ligesom nogle produkter, som f.eks. solcreme med nano-titandioxid og zinkoxid på nanoform er blevet vurderet på grund af den store anvendelse og udbredelse.

Nanoform ofte ikke undersøgt

NFA arbejder med at se på nogle af de mest almindelige processer i industrien og anvendelse af nanomaterialer. NFA siger, at der stadig er mange stoffer, som ikke er undersøgt for effekter – og slet ikke på nanoform. Samtidig udbredes nanomaterialer til stort set alle brancher og til mange forskellige anvendelser, så der er i virkeligheden tale om mange helt nye forbindelser.

Visse former for nanopartikler, f.eks. nogle typer af karbonnanorør, og andre kulstofforbindelser har vist sig at være stærkt problematiske, da de har en fysisk form, der ligner asbest.

Nødvendigt at vurdere nanopartikler som samlet materiale – ikke som de enkelte bestanddele.

Undersøgelser viser ifølge NFA, at man ikke kan nøjes med at se på nanopartiklen – men at den tilføjede funktionalitet, som kan være sat udenpå nanopartiklen ved hjælp af andre kemiske stoffer, ofte er afgørende for toksisiteten og andre egenskaber med betydning for sundheden. Samtidig ved man stadig meget lidt om, hvilke partikler der kan trænge igennem hvad, og hvis de kan komme gennem huden, om de så udskilles fra kroppen igen, eller om de hober sig op i organer, f.eks. leveren.

Materialer, der enten er på nanoform eller er forarbejdet med henblik på at opnå særlige effekter inden for nano-dimensionen, tages som regel i anvendelse, fordi de kan tilføje produkter en ny funktion eller egenskab, f.eks. vandafvisende, selvrensende, bakteriedræbende eller andet. Der bliver hele tiden udviklet nye funktioner til nanopartikler.

Funktionaliteten vigtig at vurdere

Det er en kendt problemstilling, at det netop er funktionaliteten, der kan give de største arbejdsmiljømæssige udfordringer, f.eks. at organiske opløsningsmidler er gode til at opløse fedt (eks. ved rengøring på trykkerier) – samtidig med at denne egenskab også har sundhedsmæssige konsekvenser, da fedt i menneskets hjerne og nervebaner også kan blive påvirket.

NFA fandt, at hvis man erstatter et kendt stof som titandioxid, der f.eks. anvendes som fyldstof i tabletter, med titandioxid på nanoform, så øges eksponeringen for titandioxid med 300 gange.

Bundet eller ikke bundet nanopartikel?

"Bundet eller ikke bundet nanopartikel?" er et hovedspørgsmål, når en af de interviewede forskere skal forholde sig til partiklernes farlighed. Forskeren vil afholde sig fra at bruge produkter, der ikke er testet for, hvorvidt partikler er bundne i produkter eller ej.

En interviewet malingsproducent refererer da også resultater fra nanoprodukter, der så ud til hver for sig at give kræfttilfælde hos mus. Der var tale om et bindemiddel i nanostørrelse og et fotokatalytisk nanotitaniumdioxid. Men sammen havde de ikke kræftfremkaldende egenskaber hos mus.

NFA har også fundet problemer i nogle produkter til overfladebehandling med forureninger fra fremstillingsprocessen, som muligvis kan give effekter ved eksponering for det færdige produkt.

Eksponering og eksponeringens varighed

Eksponering handler om hvor og hvordan man bliver udsat for et stof eller materiale, man arbejder med. Det afhænger af, om man er i kontakt med stof og materiale og om den proces man arbejder med kan få stoffer til at ændre karakter. Endelig er det vigtigt at vurdere eksponeringens varighed – dvs. hvor ofte og hvor længe man er udsat for påvirkning.

Klargøring, drift, rengøring og reparation skal vurderes

Eksponering afhænger af processer for fremstilling eller anvendelse under klargøring, drift, rengøring og reparation. Det er et spørgsmål om udstyrets karakter og om viden om stoffernes og materialernes 'opførsel' under processen. Ofte vil processerne foregå i lukkede beholdere og måske under vakuum, men ofte glemmer man, at udstyr til nanomaterialer også skal rengøres og klargøres, og at der her kan være situationer, hvor medarbejderne måske i højere grad er udsat for nanopartikler.

Brancher med erkendte problemer med "traditionelle" partikler

Partikler er et kendt problem i flere former for produktion, f.eks. i farve-lakindustrien og plastindustrien, og man har efterhånden en række metoder til at beskytte medarbejdere mod støv ved at producere i lukkede systemer. Det gælder også for en af de malingsfabrikanter, der blev interviewet. En anden virksomhed, som ikke har et helt lukket produktionssystem, har taget det standpunkt, at man ikke vil have frie nanopartikler i produktionen og vil stille krav om dokumentation for, at råvarer og komponenter er sikre at fremstille og arbejde med.

Processer i lukkede systemer

Andre processer kan være en lukket proces - som for eksempel hos en, der belægger værktøjer - hvor belægningen kun eksisterer på nanoform i et lukket kammer under kraftigt vakuum. Her føler virksomheden sig sikker på, at nanopartiklerne ikke er til stede i virksomhedens arbejdsmiljø ved f.eks. rengøring af udstyret.

Processer i ikke-lukkede systemer

Måden man skal arbejde med materialet er også afgørende – og her kan navnlig de processer, der ikke foregår i lukkede systemer,

være problematiske.

En del nanoteknologiske overfladebehandlinger bygger på et princip om et ganske tyndt lag med en aktiv funktion. At få dette lag tyndt betyder ofte, at man anbefaler, at produktet sprayeres på. Det udgør imidlertid en meget stor belastning af åndedræt m.m. for den medarbejder, der skal påføre produktet, og arbejdstilsynet anbefaler da også, at man arbejder med luftforsynet åndedrætsværn eller at processen indkapsles, når der er frie partikler i luften.

I en case fra et autoværksted har klargørerne netop erfaringer med brug af produkter, der skulle sprayeres på, hvilket har givet ubehag hos autoklargørerne, ligesom de har fået eksem ved brug af andre nanoprodukter. Reaktionen fra værkstedet har været at stoppe anvendelsen af produkterne, eller anvende dem uden spray-funktionen. Det er uafklaret, om det er partiklerne eller bæremidlet, som partiklerne befinder sig i, der er problemet. Under alle omstændigheder kan problemet skyldes nanoformen – enten fordi det er nanoforbindelserne i sig selv, der skaber gener, eller fordi det er nødvendigt for nanoforbindelsernes funktionalitet, at de befinder sig i et særligt bæremiddel.

Hvordan påvirkes nanomaterialer ved brug?

Når partiklerne er bundet i malingen, skal malerne også vide, hvordan de skal forholde sig: Er produktet farligt at arbejde med, kan man tåle at få det på huden, og kan man bare rense udstyr, som man plejer?

Ofte skifter formen i processen, for eksempel vil en del coating-produkter være frie partikler i væske, der via aerosoler eller direkte kontakt kan migrere via luftveje eller hud, men som efter processen er en fast film på en bil eller facade. Herefter kan det igen slides af, og muligvis igen være til stede som nanopartikler.

Konkrete undersøgelser fra NFA på slibestøv fra maling med nanopartikler har dog ikke vist, at man sliber partiklerne løs, men NFA understreger, at man ikke kan drage slutninger fra et produkt til et andet, eller fra en type partikler til en anden.

Udvikling af vurderingsmetoder og -værktøjer til virksomheder er i gang

NFA er sammen med Teknologisk Institut for IBAR, Forskningsministeriet og BAR-UF i gang med at udvikle nogle værktøjer til at lave en slags forhåndsforevurdering af nanopartikler, ligesom det sker andre steder i Europa og i USA.

Udgangspunktet er, at der er behov for at udvikle nogle systemer til at gøre ledere og medarbejdere i virksomheder bevidste om at stille de rigtige spørgsmål. Værktøjerne vil guide folk igennem en helt stringent manual for at vurdere farlighed som sundhedseffekt og farlighed som eksponering. Værktøjerne kan hjælpe virksomhederne og medarbejderne med at finde ud af, "hvornår vi er ude på dybt vand".

Derfor overvejes det i projektet, at vurderingssystemet angiver hvad grunden er til, at et produkt eller en proces havner i de pågældende fareklasser. Det kunne være sådan, at manglende informationer om et stof eller materiale vil betyde, at det pågældende stof eller materiale automatisk får en høj andel af den maksimale score for at indikere, at virksomheden skal efterspørge

yderligere viden om det pågældende stof eller materiale. Grundlæggende kan vi sige, at man skal gå ud fra, at nanoformen af stoffer og materialer kan have andre egenskaber end samme stof med f.eks. større partikler.

Det skyldes øget kemisk reaktionsevne inden for nano-dimensionen, idet f.eks. nanopartikler har langt større overflade end større partikler og dermed langt mere reaktive. Hertil kommer helt nye egenskaber samt større evne til at transportere sig og ændre position.

Derfor er det væsentligt – principielt ved hver ny produkttype - at foretage en ny arbejdsmiljøvurdering, når det gælder nanopartikler eller reaktive nanooverflader. Samtidig er det vigtigt at være kritisk over for leverandørbrugsanvisninger og kontrollere, hvorvidt de forholder sig til, at stoffet eller materialet er på nanoform.

Endelig vil vi understøtte, at det er vigtigt at se på alle dele af produktionen – altså ud over driften også at vurdere klargøring, rengøring og reparation. Det er sjældent, en proces er helt lukket til alle tider.

Miljø

På baggrund af et interview med Miljøstyrelsen kan det konkluderes, at det lige nu – primo 2009 - er svært at give særlige anvisninger til såvel virksomheder som ansatte vedrørende bortskaffelse af nanomaterialer. Det skyldes, at reguleringen af nanomaterialer foregår på stof-niveau, hvilket på nuværende tidspunkt typisk vil være bestemt af egenskaberne hos stofferne på konventionel form. Dermed er der ikke nødvendigvis taget højde for nanopartiklernes eller nanostrukturernes eventuelle særlige egenskaber.

Derfor vil Miljøstyrelsens vejledning om bortskaffelse af nanobaserede materialer foreløbigt basere sig på regler for konventionelle stoffer, ligesom den almindelige regulering i forhold til sikkerhed ved produktion, deklarering og lignende gør. Det betyder også, at det f.eks. omkring bortskaffelse af affald er kommunen, der generelt skal anvise hvorledes affaldet skal bortskaffes.

Der er dog stor opmærksomhed på og erkendelse af, at nanomaterialer kan give nye udfordringer på miljø- og sundhedsområdet, og der er iværksat en række undersøgelser og forskningsprojekter på globalt plan i OECD, i EU-regi og i Danmark, der tager fat på de mest anvendte nanomaterialer.

I EU arbejder man desuden på en afklaring af, hvordan nanomaterialer skal reguleres i henhold til kemikalielovgivningen, herunder om der skal ændres på REACH, for i højere grad at kunne tage højde for de særlige problemer omkring stoffer på nanoform.

En af de udfordringer, man står med, er at finde ud af, hvordan man skal teste nanomaterialer, og hvordan de skal karakteriseres.

På baggrund af de mange tiltag til afdækning af nanomaterialer og miljømæssige forhold forventer Miljøstyrelsen at have en væsentlig større viden at bygge på inden for en kortere årrække.

Referencer

Lothar Abicht, Henriette Freikamp, Uwe Schumann: *Identification of skill needs in nanotechnonology, Cedefop Panorama series 120, 2006*

Anne Hansen, Carsten Broder Hansen, Lone Djernis Olsen (red.): Nanoteknologiske horisonter. NanoDTU, 2008

Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling:
Teknologisk fremsyn – Nanoteknologi, 2004.

Frank Stuer-Lauridsen, Anja Kamper, Pernille Borling, Gitte I. Petersen, Steffen Foss Hansen and Anders Baun:
Survey of nanotechnological consumer products
Survey of Chemical Substances in Consumer Products, No. 81
Miljøstyrelsen, 2007.

The Project on Emerging Nanotechnologies
– den såkaldte Woodrow-Wilson database, oprettet i 2005.
<http://www.nanotechproject.org/>

Bilag 1

Interviewede virksomheder, forskningsinstitutioner og organisationer

Behjælpelig med informationer m.m.:

- Brancheforeningen for Sæbe, Parfume og Teknisk/kemiske artikler
- Danmarks Farve- og Lakindustri
- Dansk Fundamental Metrologi A/S
- Videncenter for intelligente tekstiler, TEK0

Der er gennemført telefoninterview med:

- Kemex A/S
- Miljøstyrelsen

Der er gennemført personinterview i følgende virksomheder og forskningsinstitutioner:

- Beck & Jørgensen A/S
- CemeCon Scandinavia A/S
- Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø - NFA
- DTU Mekanik, Institut for Mekanisk Teknologi
- DTU Nanotech - Department of Micro- and Nanotechnology
- Flügger A/S
- Haldor Topsøe A/S, Frederikssund
- Haldor Topsøe A/S, Lyngby
- Kemotextil A/S
- SCF Technologies A/S
- TCNano A/S
- Terminalen A/S Århus

Bilag 2

Workshop med repræsentanter for faglige udvalg og ressourcepersoner - deltagere samt program

- Claus Eskesen, 3F og medlem af Udviklingsudvalg for Overfladebehandling
- Claus Rosenkrands Olsen, DI, og formand for Udviklingsudvalg for Overfladebehandling
- Ulla Telcs, DI
- Jan Zneider, DI
- Tanja Bundesen, IF sekretariatet
- Anders Vind, LO
- Benedikte Sølberg, Metalindustriens uddannelsesudvalg
- Anne Hansen, NanoDTU
- Rikke Bøyesen, Nano-Science Center, Københavns Universitet
- Michael Døssing, ToolPartners, Vejle
- Birgit Thorup, Uddannelsesnævnet

- Tine Andersen, TI
- Signe Dalgas Kofoed, TI
- Henrik Vejen Kristensen, TI
- Rikke Fog-Møller, DTU Management
- Michael Søgård Jørgensen, DTU Management
- Bruno Clematide, Kubix

Nanoteknologi og erhvervsuddannelserne

– workshop 27. januar 2009

Sted: DI, H.C. Andersens Boulevard 18, København

Program

10:00 – 10:15	Velkomst, præsentation af programmet og deltagerne
10:15 – 11:15	Overbliksanalysen - DTU Management / Kubix Vi præsenterer et antal cases med udgangspunkt i produkter, fx overfladebehandling af bilruder, coating af vinduer, maling, kosmetik: <ul style="list-style-type: none">○ Udvikling○ Fremstilling○ Salg○ Anvendelse Drøftelse af konsekvenser for erhvervsuddannelserne
11:15 – 11:45	Projektets metode som inspiration til tværgående fornyelse af erhvervsuddannelser
11:45 – 12:00	Kaffepause
12:00 – 13:00	TI - analysen TI præsenterer resultater fra analysen om nanoteknologiers relevans for udvalgte erhvervsuddannelser Fælles drøftelse
13:00 – 14:00	Frokost

DI vil være vært for arrangementet.